



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

Ein Rahmenwerk für die Entwicklung und den Einsatz einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung für universitäre projektbasierte Lehrveranstaltungen

D i s s e r t a t i o n

**zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)**

vorgelegt von:

Dennis Schmitz

aus Hamburg

Hamburg, 2024

Dissertation zur Erlangung der Würde des Doktors der Naturwissenschaften der
Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften,
Fachbereich Informatik der Universität Hamburg
vorgelegt von Dennis Schmitz aus Hamburg.

Gutachten wurden erstellt von:

Dr. Daniel Moldt

Prof. Dr.-Ing. Norbert Ritter

Prof. Dr. Jörg Desel

Prüfungskommission:

Prof. Dr. Peter Kling (Vorsitz)

Prof. Dr. Matthias Raray (stellv. Vorsitz)

Dr. Daniel Moldt

Prof. Dr.-Ing. Norbert Ritter

Prof. Dr. Jörg Desel

Tag der Disputation:

31. März 2025

Betreuung:

Dr. Daniel Moldt

Prof. Dr.-Ing. Norbert Ritter

Danksagung

Zunächst danke ich meinen beiden Betreuern Dr. Daniel Moldt und Prof. Dr.-Ing. Norbert Ritter. Dr. Moldt hat mich über die Jahre in unzähligen Gesprächen mit fachlichen, organisatorischen und persönlichen Ratschlägen erheblich unterstützt und meine Forschung auf vielen Ebenen bereichert. Prof. Dr.-Ing. Ritter danke ich insbesondere für seine anhaltende Unterstützung meines Promotionsvorhabens. Zusätzlich möchte ich mich bei Prof. Dr. Jörg Desel für die Erstellung eines externen Gutachtens, bei Prof. Dr. Peter Kling für die Leitung der Prüfungskommission und bei Prof. Dr. Matthias Raray für die Übernahme des stellvertretenden Vorsitzes bedanken.

Darüber hinaus möchte ich früheren und heutigen Kollegen aus dem universitären Kontext danken. Die Zeit mit euch war großartig und es war mir eine Freude, mit euch zusammenzuarbeiten. Namentlich möchte ich die Folgenden erwähnen (in keiner bestimmten Reihenfolge): Christian Röder, Michael Haustermann, David Mosteller, Thomas Wagner, Pascale Möller, Matthias Feldmann, Michael Simon, Julian Mosteller, Lawrence Cabac, Jan Henrik Röwekamp, Dejan Simic und Gian-Luca Gücük. Ein besonderer Dank geht an Matthias Feldmann für die angenehme Zusammenarbeit, Durchführung gemeinsamer Lehrveranstaltungen und seine anhaltende Bereitschaft innovative Wege zu erforschen.

Einen großen Dank möchte ich außerdem allen Studentinnen und Studenten aussprechen, die im Rahmen dieses Forschungsprojekts an den Lehrveranstaltungen teilgenommen haben. Ihre Bereitschaft, Daten für Analysezwecke aufzuzeichnen, hat dieses Forschungsprojekt nicht nur bereichert, sondern auch erst in diesem Umfang ermöglicht. Vielen Dank für euer Vertrauen in meine positiven Absichten, die gelungene Zusammenarbeit und eure wertvollen Verbesserungsvorschläge.

Außerdem danke ich all meinen Familienangehörigen, Freundinnen und Freunden, die mich bei der Korrektur dieser Arbeit unterstützt haben. Eure sprachlichen Anmerkungen und kritischen Nachfragen haben deutlich zur Steigerung der Qualität dieser Arbeit beigetragen.

Weiter sind hier meine Arbeitgeber zu erwähnen: Peter und Philip Hellmann. Vielen Dank, für die Möglichkeit, in Teilzeit zu arbeiten und so meine Promotion zu finanzieren. Euer ständiges Entgegenkommen und eure Flexibilität haben mir durchweg eine nicht zu unterschätzende Sicherheit vermittelt. In diesem Zuge möchte ich auch all meinen Arbeitskollegen für die Wahrung meiner Arbeitszeiten, eure Geduld und euer Verständnis für die Priorisierung meiner Tätigkeiten danken.

Abschließend danke ich meinen Eltern Renate und Hellfried Schmitz sowie meiner Lebensgefährtin Mareike Eckard. Eure Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit war beispiellos. Ihr habt mich durchweg mit ehrlichem Verständnis durch alle Höhen und Tiefen begleitet. Ohne eure offenen Ohren, motivierenden Ratschläge und eure Liebe wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Hamburg, 8. August 2025
Dennis Schmitz

Zusammenfassung

In Projekten der Wirtschaft wird seit Jahrzehnten Software eingesetzt, durch deren Verwendung große Datenmengen generiert und gespeichert werden. Die Datenanalyse liefert Informationen, aus denen operative und strategische Entscheidungen abgeleitet werden können. Die Digitalisierung von Bildungseinrichtungen ermöglicht es, in Lehrveranstaltungen Daten aufzuzeichnen, die analysiert werden können, um Informationen über u. a. das Lehr- und Lernverhalten von Dozierenden und Studierenden zu gewinnen.

Die Aufzeichnung und Analyse von Daten stellen insbesondere in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen (hier *projektbasierte Lehrveranstaltungen* genannt) Herausforderungen dar. Es wird eine technische Umgebung benötigt, die aussagekräftige Daten aufzeichnen kann. Allerdings weisen heutige Lernplattformen einen Mangel an typischen Projektmanagementfähigkeiten auf. Die Bemühungen, derart komplexe Informationssysteme zu entwickeln, die zudem die Fähigkeit zur Analyse von Lehr- und Lerndaten aufweisen, waren bisher gering. Eine solche Entwicklung erfordert die Kombination unterschiedlichen Wissens und den Einsatz von Fähigkeiten u. a. aus den Bereichen Pädagogik, Informationssysteme, Softwareentwicklung und Datenwissenschaft. Daraus ergeben sich Fragen zur konzeptionellen Gestaltung einer derartigen Umgebung, zum Einsatz von Datenanalysen in projektbasierten Lehrveranstaltungen sowie zur Unterstützung von Dozierenden bei der Entwicklung einer individuellen Umgebung.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein Rahmenwerk bereitzustellen, das zur Realisierung und Nutzung einer technischen Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (LLUA) eingesetzt werden kann. Eine LLUA unterstützt die Personen universitärer projektbasierter Informatik-Lehrveranstaltungen u. a. beim Projektmanagement und bei Datenanalysen. Dazu wird u. a. eine exemplarische LLUA im Kontext realer projektbasierter Lehrveranstaltungen entwickelt und evaluiert. Es werden die visuellen Datenanalysedisziplinen *Business Intelligence* und *Process Mining* kombiniert. Die entwickelten Konzepte und Einzellösungen werden in Form des LLUA-Rahmenwerks miteinander integriert. Das Vorgehen orientiert sich an der iterativen *Design Science Research Methodology* für Informationssysteme.

Die exemplarische LLUA und das Rahmenwerk sind im Kontext von neun projektbasierten Lehrveranstaltungen entwickelt und erprobt worden. Als konzeptionelle Grundlage wird eine systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen entwickelt, die auf einer agentenorientierten Perspektive basiert. Es wird der konzeptionelle Entwurf für eine LLUA präsentiert und die exemplarische LLUA zur eigenen Einrichtung technisch bereitgestellt. Anhand eines Prozessmodells wird die (Weiter-)Entwicklung eigener Umgebungen konzeptionell erläutert. Die Durchführung eigener Datenanalyseprozesse wird von einem elaborierten Vorgehensmodell unterstützt. Das Modell bietet kooperative Unterstützung und ist inhaltlich mit Anleitungen, Hinweisen und einem Dokumentationsschema angereichert. Das Rahmenwerk wird in Form dieser Arbeit und eines Online-Handbuchs bereitgestellt. Das Handbuch stellt die praxisorientierten Inhalte aufbereitet dar.

Mit dem LLUA-Rahmenwerk kann eine eigene LLUA entwickelt und betrieben werden. Neben konzeptionellen Grundlagen werden prinzipielle, konkrete und technische Hilfestellungen in den Bereichen Projektmanagement, Datenanalyse und Administration für projektbasierte Lehrveranstaltungen angeboten. Die Besonderheit des LLUA-Rahmenwerks liegt in der Integration entwickelter Einzellösungen aus unterschiedlichen Fachrichtungen. Damit trägt diese Arbeit dazu bei, eine Lücke im Bereich der Lehr- und Lernumgebungen zu schließen, die sowohl Projektmanagement- als auch Datenanalysefähigkeiten bieten.

Abstract

Software that generates and stores large volumes of data has been used in business projects for decades. The analysis of this data provides information from which operational and strategic decisions can be derived. The digitalization of educational institutions can be leveraged for the collection of data from courses. That data can be analyzed to gain information about the teaching and learning behavior of lecturers and students, among other things.

Recording and analyzing data is particularly challenging in practical, cooperative, collaborative and distributed courses (referred to here as *project-based courses*). A technical environment is required that can record meaningful data. However, today's learning platforms lack typical project management capabilities. Efforts to develop such complex information systems, which also offer features for analyzing teaching and learning data, have been limited so far. Such a development requires the combination of different knowledge and the use of skills from the fields of pedagogy, information systems, software development and data science, among other things. This raises questions about the conception of such an environment, the benefits of data analysis in project-based courses at all and how to support lecturers in developing a customized environment.

The goal of this work is to provide a framework that can be used to develop and utilize a technical teaching, learning and analysis environment (the German abbreviation is LLUA). A LLUA supports the participants of university project-based computer science courses in project management and data analysis, among other things. In this research project, an exemplary LLUA will be developed and evaluated in the context of real project-based courses. The visual data analysis disciplines Business Intelligence and Process Mining are combined. The developed concepts and individual solutions are integrated with each other in the form of the LLUA framework. The approach is based on the iterative Design Science Research Methodology for information systems.

The exemplary LLUA and the framework have been developed and tested in the context of nine project-based courses. As a conceptual basis, a systematic view of project-based courses based on an agent-oriented perspective is developed. The conceptual design for a LLUA is presented and the exemplary LLUA is made technically available for self-installation. The (further) development of own environments is conceptually explained using a process model. The realization of individual data analysis processes is guided by a sophisticated procedure model. The model offers cooperative support and is enriched with instructions, notes and a documentation scheme. The framework is provided in the form of this thesis and an online handbook. The handbook focuses on the practice-oriented content.

The LLUA framework can be used to develop and operate an individual LLUA. In addition to conceptual foundations, it provides general, concrete, and technical support in the areas of project management, data analysis and administration for project-based courses. The special feature of the LLUA framework is the integration of developed single solutions from different disciplines. In this way, this work contributes to closing a gap in the field of teaching and learning environments that offer both project management and data analysis capabilities.

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung und Hintergrund	1
1	Einleitung	3
1.1	Kontext und Motivation	3
1.2	Herausforderungen und offene Fragen	4
1.3	Zielsetzung	6
1.4	Forschungsfragen und Hypothesen	7
1.5	Lösungsansatz und methodisches Vorgehen	9
1.6	Aufbau	10
2	Grundlagen und Terminologie	13
2.1	Lehren, Lernen und Analysieren	13
2.1.1	Universitäre Veranstaltungsformen	13
2.1.2	Digitale Lehr- und Lernumgebungen	14
2.1.3	Learning Analytics und Educational Data Mining	16
2.2	Projektmanagement	18
2.2.1	Projekte	19
2.2.2	Projektmanagementumgebungen (PMU)	20
2.3	Datenanalysen	20
2.3.1	Data Science, Data Analytics und Data Mining	21
2.3.2	Ethik, Datenschutz und Persönlichkeitsrechte	21
2.3.3	Datenformen und -arten	24
2.3.4	Datenanalysen und Analysefragen	25
2.3.5	Datenanalyseprozess	27
2.3.6	Datenaufzeichnung	28
2.3.7	Datenintegration und -transformation	28
2.3.8	Ausgewählte Disziplinen der Datenanalysen	30
2.4	Techniken und Konzepte	33
2.4.1	Agenten	33
2.4.2	Prozesse	37
2.4.3	Sonstige verwendete Modellierungstechniken	40
2.5	Systemadministration und Web-Hosting	43
2.6	Durchgeführte und untersuchte Lehrveranstaltungen im Kontext dieser Arbeit	44
2.6.1	PAOSE-Ansatz	44
2.6.2	AOSE-Lehrveranstaltungen	45
2.6.3	PM/DA-Lehrveranstaltungen	47

3	Untersuchung und Aufbereitung verwandter Forschungsbereiche	49
3.1	Modellierung	49
3.1.1	Modellierung von Lehrveranstaltungen	49
3.1.2	Modellierung von Organisationen und Projekten in anderen Kontexten	52
3.2	Projektmanagement	55
3.2.1	Projektmanagementumgebungen in Lehrveranstaltungen	55
3.2.2	Projektmanagementumgebung der PAOSE-Lehrveranstaltungen	56
3.2.3	Projektmanagementumgebungen in anderen Kontexten	57
3.3	Datenanalyse	60
3.3.1	Durchführung und Einsatz von Analysen in Lehrveranstaltungen	60
3.3.2	Durchführung und Einsatz von Analysen in anderen Projekten	73
3.3.3	Rahmenwerke und Umgebungen für Datenanalysen in Lehrveranstaltungen	74
3.4	Zusammenfassung	81
II	Entwicklung des Rahmenwerks	83
4	Präzisierung der wissenschaftlichen Untersuchung	87
4.1	Forschungsfragen	87
4.2	Hypothesen	92
4.3	Lösungsansätze	96
4.4	Ziele, Anforderungen und Vorgehen	99
4.5	Zusammenfassung	102
5	Förderung der systematischen Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen	105
5.1	Hin zu einer Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme	105
5.2	Agenten und Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen	108
5.2.1	Agenten	109
5.2.2	Rollen	110
5.3	Auswirkungen der abstrakten Abbildung	113
5.3.1	Orientierung und Zuordnung	113
5.3.2	Analyse von Strukturen und Verhalten	114
5.3.3	Verortung der Evaluation	115
5.3.4	Selbstverständnis agierender Personen	115
5.4	Zusammenfassung	116
6	Erhebung von Zielen und Herausforderungen von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen	117
6.1	Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen	117
6.1.1	Kategorien der Ziele und Herausforderungen	118
6.1.2	Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen	118
6.1.3	Untersuchung der Rolle AnalytikerIn	135

6.2	Erhebung von Zielen und Herausforderungen beim Daten analysieren . . .	140
6.2.1	Kategorien der Ziele und Herausforderungen	141
6.2.2	Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn	141
6.2.3	Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen . .	144
6.3	Zusammenfassung	154
7	Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung sowie des Rahmenwerks	157
7.1	Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung	157
7.2	Skizzierung der zentralen Konzepte des Rahmenwerks	159
7.3	Zusammenfassung	162
8	Festlegung der Rahmenbedingungen	163
8.1	Wechselwirkungen des Rahmenwerks und der LLUA	164
8.2	Organisatorische Rahmenbedingungen	165
8.3	Technische Rahmenbedingungen	167
8.4	Datenschutz und ethische Rahmenbedingungen	168
8.5	Kontext und Überblick der exemplarischen LLUA	168
8.6	Zusammenfassung	169
9	Herausarbeitung und Definition der Anforderungen	171
9.1	Methodik der Ableitung und Definition der Anforderungen	171
9.1.1	LLUA	172
9.1.2	Rahmenwerk	172
9.2	Definition der Anforderungen an eine Lehr-, Lern- und Analyseumgebung	172
9.2.1	Bereich übergreifende nicht-funktionale Anforderungen	172
9.2.2	Bereich: Planung & Durchführung	174
9.2.3	Bereich: Kommunikation & Kollaboration	176
9.2.4	Bereich: Analyse	177
9.2.5	Bereich: Reflexion	187
9.2.6	Bereiche: Analyse und Reflexion	191
9.3	Definition der Anforderungen an das Rahmenwerk	193
9.3.1	Cluster übergreifende nicht-funktionale Anforderungen	193
9.3.2	Cluster: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projekt- basierten Lehrveranstaltungen	195
9.3.3	Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration	196
9.3.4	Cluster: Unterstützung der Datenanalyse	199
9.3.5	Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA	207
9.4	Zusammenfassung	210
10	Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks	213
10.1	Architekturelle Gestaltung des Rahmenwerks: Die Cluster	213
10.2	Cluster: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasier- ten Lehrveranstaltungen	215
10.2.1	Modul: Betrachtung einer Lehrveranstaltung als Projekt	216
10.2.2	Abbildung des komplexen Systems „projektbasierte Lehrveranstal- tung“ auf ein Modell	217
10.2.3	Modul: Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme	219

10.2.4	Rudimentäre konzeptionelle Integration von MULAN- und BDI-Agenten	224
10.3	Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration	226
10.3.1	Modulübergreifende Inhalte	226
10.3.2	Modul: Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen	227
10.3.3	Modul: Verteilte Kollaboration	230
10.4	Cluster: Unterstützung der Datenanalyse	233
10.4.1	Modulübergreifende Inhalte	234
10.4.2	Modul: Vorgehensmodell für die Datenanalyse	234
10.4.3	Modul: Dokumentation der Datenanalyse	236
10.4.4	Modul: Analysen auswählen	238
10.4.5	Modul: Daten verstehen und untersuchen	239
10.4.6	Modul: Daten aufzeichnen	240
10.4.7	Modul: Daten vorverarbeiten und sammeln	242
10.4.8	Modul: Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten	245
10.4.9	Modul: Analysen bewerten und interpretieren	247
10.4.10	Modul: Kommunikation und Reflexion	248
10.5	Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA	249
10.5.1	Modulübergreifende Inhalte	250
10.5.2	Modul: Entwicklung einer LLUA	250
10.5.3	Modul: Setup der Komponenten einer LLUA	252
10.5.4	Modul: Konfiguration der Komponenten einer LLUA	253
10.5.5	Modul: Wartung der Komponenten einer LLUA	253
10.6	Zusammenfassung	255
11	Bereitstellung des Rahmenwerks	257
11.1	Anforderungen an die Bereitstellung	257
11.1.1	Anforderungen von BenutzerInnen des Rahmenwerks	257
11.1.2	Anforderungen von EntwicklerInnen	258
11.2	Konzeption der Bereitstellung	259
11.2.1	Inhaltlich	259
11.2.2	Technisch	259
11.3	Entwurf und Umsetzung des Handbuchs	260
11.3.1	Struktur der Inhalte	260
11.3.2	Technischer Entwurf und Umsetzung	260
11.4	Zusammenfassung	262
12	Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks	263
12.1	Cluster: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen	263
12.1.1	Modul: Betrachtung einer Lehrveranstaltung als Projekt	264
12.1.2	Modul: Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme	264
12.2	Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration	270
12.2.1	Modul: Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen	271
12.2.2	Modul: Verteilte Kollaboration	277
12.3	Cluster: Unterstützung der Datenanalyse	283
12.3.1	Modul: Vorgehensmodell für die Datenanalyse	285

12.3.2	Modul: Dokumentation der Datenanalyse	289
12.3.3	Modul: Analysen auswählen	290
12.3.4	Modul: Daten verstehen und untersuchen	291
12.3.5	Modul: Daten aufzeichnen	293
12.3.6	Modul: Daten vorverarbeiten und sammeln	295
12.3.7	Modul: Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten	299
12.3.8	Modul: Analysen bewerten und interpretieren	303
12.3.9	Modul: Kommunikation und Reflexion	306
12.4	Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA	311
12.4.1	Modul: Entwicklung einer LLUA	312
12.4.2	Modul: Setup der Komponenten einer LLUA	312
12.4.3	Modul: Konfiguration der Komponenten einer LLUA	315
12.4.4	Modul: Wartung der Komponenten einer LLUA	317
12.5	Zusammenfassung	318
13	Zusammenfassung Teil II	319
III	Einsatz, Evaluation und Diskussion des Rahmenwerks	321
14	Unterstützung des Planens und Koordinierens	325
14.1	Einsatz der exemplarischen LLUA und dessen Auswirkungen	325
14.1.1	Authentifizierung	328
14.1.2	Aufgabenmanagement	328
14.1.3	Informationen und Materialien austauschen sowie Dokumentation	329
14.1.4	Kommunikation und virtuelle Räume	331
14.2	Unterstützungen des Rahmenwerks und dessen Auswirkungen	333
14.2.1	Systematische Betrachtung und Übersicht	335
14.2.2	Unterstützung des Setups	336
14.2.3	Unterstützung der Rechteverwaltung	336
14.2.4	Unterstützung der Konfiguration	337
14.2.5	Unterstützung der Wartung	337
14.3	Diskussion der Forschungsfrage 1 und Hypothese 1	337
14.3.1	Planen und Koordinieren von Tätigkeiten	338
14.3.2	Überblicken von Tätigkeiten	340
14.3.3	Planen und Koordinieren von Arbeitszeit	341
14.3.4	Überblicken von Arbeitszeit	342
14.4	Zusammenfassung	343
15	Unterstützung des Datenanalysierens	345
15.1	Einsatz der exemplarischen LLUA und dessen Auswirkungen	345
15.1.1	Authentifizierung	349
15.1.2	Aufgabenmanagement	349
15.1.3	Informationen und Materialien austauschen sowie Dokumentation	350
15.1.4	Kommunikation und virtuelle Räume	351
15.1.5	Datenverarbeitung	351
15.1.6	Datensammlung	353

15.1.7	Datenbankmanagement	353
15.1.8	Datenanalyse	353
15.2	Unterstützungen des Rahmenwerks und dessen Auswirkungen	354
15.2.1	Unterstützung des Setups	356
15.2.2	Unterstützung der Rechteverwaltung und Konfiguration	356
15.2.3	Unterstützung der Wartung	357
15.2.4	Unterstützung des Vorgehens	357
15.2.5	Unterstützung des Dokumentierens	358
15.2.6	Unterstützung des Formulierens und Auswählens von Analysefragen	358
15.2.7	Unterstützung des Verstehens und Untersuchens von Daten	359
15.2.8	Unterstützung des Datenaufzeichnens	359
15.2.9	Unterstützung des Datenvorverarbeitens und -sammelns	360
15.2.10	Unterstützung des Analysierens von Fakten, Strukturen und Verhalten	360
15.2.11	Unterstützung des Bewertens und Interpretierens von Analysen	361
15.2.12	Unterstützung des Kommunizierens und Reflektierens der Analyseergebnisse	362
15.3	Diskussion der Forschungsfrage 2 und Hypothese 2	363
15.3.1	Entwicklung von Analysefragen	364
15.3.2	Ermöglichung der Datenaufzeichnung	365
15.3.3	Umsetzung der Datenanalyse	367
15.4	Zusammenfassung	370
16	Bewertung des Potenzials von Datenanalysen	373
16.1	Abschätzen des Mehrwerts und der Auswirkungen	375
16.1.1	Ausprägung von Analysefragen	376
16.1.2	Beispielhafte Analysen und Auswirkungen	376
16.1.3	Untersuchung von Anpassungsvorschlägen	399
16.2	Einsatz und Kommunikation der Analyseergebnisse	401
16.2.1	Gewinnbringender Einsatz	401
16.2.2	Untersuchung der Kommunikationsformen	404
16.3	Beurteilung des Mehraufwands	405
16.3.1	Ressourcen- und Arbeitsaufwand	405
16.3.2	Zeitintensive Teile des Datenanalyseprozesses	407
16.3.3	Automatisierung des Datenanalyseprozesses	408
16.3.4	Unterstützung der Installation, Konfiguration und Wartung	409
16.4	Zusammenfassung	409
17	Übergreifende Betrachtung	411
17.1	Entwicklung einer LLUA mit dem Rahmenwerk	411
17.1.1	Systematische Betrachtungsweise	411
17.1.2	Unterstützung der Installation, Konfiguration und Wartung	413
17.2	Nutzung einer LLUA mit dem Rahmenwerk	414
17.2.1	Bereitstellung des Rahmenwerks	414
17.2.2	Praxisorientierter Einsatz der agentenorientierten Perspektive	414
17.2.3	Ethik, Datenschutz und Persönlichkeitsrechte	415

17.3	Generalität des Ansatzes	417
17.3.1	Einschränkungen bei der Entwicklung des Rahmenwerks	417
17.3.2	Einschränkungen der durchgeführten Datenanalysen	418
17.4	Zusammenfassung	420
18	Einordnung und Vergleich mit verwandten Arbeiten	423
18.1	Betrachtung des LLUA-Rahmenwerks	424
18.1.1	Allgemeine Einordnung	424
18.1.2	Entwicklung von Softwareanwendungen und Umgebungen	429
18.1.3	Prozesse und Vorgehensmodelle	430
18.1.4	Handbuch	434
18.1.5	Systematische Betrachtungsweise	436
18.2	Betrachtung der exemplarischen LLUA und ihres Einsatzes	439
18.2.1	Technische Umgebung	440
18.2.2	Datenanalysen	447
18.3	Zusammenfassung	455
19	Zusammenfassung Teil III	457
IV	Schlussbetrachtung	459
20	Zusammenfassung der Ergebnisse	463
21	Zusammenfassung der Inhalte	467
22	Ausblick	475
	Glossar	483
	Abkürzungsverzeichnis	493
	Veröffentlichungen des Autors	495
	Literatur	499

Abbildungsverzeichnis

2.1	Phasen eines Datenanalyseprojekts	27
2.2	Darstellung eines Sternschemas	29
2.3	Die MULAN-Architektur	36
2.4	Konstrukte eines <i>Roles/Dependencies Diagram</i>	41
3.1	Darstellung des <i>Scrum Frameworks</i> als Prozess	54
3.2	Kritische Dimensionen von <i>Learning Analytics</i>	62
3.3	<i>Learning Analytics</i> Referenzmodell	63
3.4	<i>Educational Data Mining/Learning Analytics</i> Zyklus der Informationsgewinnung	64
3.5	Hauptaufgaben beim Vorverarbeiten von Bildungsdaten	66
3.6	Vorgeschlagene Stufen für die Datenvorverarbeitung	66
3.7	DLAIS: Rahmenwerk für den Entwurf von <i>Learning Analytics Information Systems</i>	76
3.8	Das LAVA Model	77
4.1	Entwicklungsprozess für das LLUA-Rahmenwerk	103
5.1	Abbildung einiger Konzepte allgemeiner Lehrveranstaltungen auf Konzepte von Multiagentensystemen.	107
5.2	Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen	109
6.1	Lösungsansatz der Rolle LehrerIn „Präsentieren von Informationen und Lösungswegen“	120
6.2	Lösungsansatz der Rolle LernerIn „Finden geeigneter LernpartnerInnen“	121
6.3	Lösungsansatz der Rolle VeranstaltungsentwicklerIn „Erstellen/Verbessern der Struktur einer Lehrveranstaltung“	123
6.4	Abstrakte Darstellung struktureller Beziehungen der Rollen in der Lehre und beim Lernen	134
6.5	Beziehungen des Dienstes „Identifizieren des Lernfortschritts“ zu den Rollen AnalytikerIn und LehrerIn	136
6.6	Beziehungen aller Dienste der Rolle AnalytikerIn	140
6.7	Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn	143
6.8	Abstrakte Darstellung struktureller Beziehungen der Subrollen der DatenanalytikerIn	154
7.1	Skizze einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (LLUA)	158
7.2	Skizze des LLUA-Rahmenwerks	160
8.1	Abstrakte Beziehungen der Forschungsumgebung, des LLUA-Rahmenwerks und der LLUA	164

8.2	Umwelt der exemplarischen LLUA	169
9.1	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Projekte planen und durchführen“	176
9.2	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Verteilt kollaborieren“	178
9.3	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Daten erheben und aufzeichnen“	180
9.4	Thematische Gruppe von Anforderungen: „ETL-Prozess durchführen“	181
9.5	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Daten pseudonymisieren und anonymisieren“	183
9.6	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Daten bereinigen“	184
9.7	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Daten für Analysen bereitstellen“	186
9.8	Thematische Gruppen von Anforderungen: „Faktenanalysen ermöglichen und durchführen“ und „Verhaltensanalysen ermöglichen und durchführen“	187
9.9	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Analysen evaluieren und nutzen“	189
9.10	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Verhalten reflektieren“	190
9.11	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Analyse- und Reflexionsprozess dokumentieren“	192
9.12	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Systematische Betrachtungsweise bereitstellen“	196
9.13	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen“	197
9.14	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration)“	198
9.15	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Projektmanagement integrieren“	199
9.16	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Kommunikation und Kollaboration integrieren“	199
9.17	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Vorgehensmodell für die Datenanalyse entwickeln“	201
9.18	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Analysen auswählen“	202
9.19	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Datenaufzeichnung integrieren“	203
9.20	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Datenvorverarbeitung und -sammlung integrieren“	204
9.21	Thematische Gruppen von Anforderungen: „Faktenanalysen integrieren“ und „Verhaltensanalysen integrieren“	205
9.22	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Interpretation, Kommunikation und Nutzen der Analysen integrieren“	206
9.23	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Dokumentation der Analyse- und Reflexionsprozesse integrieren“	206
9.24	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen“	208
9.25	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Technische Kopplung und Integration der Dienste und Softwareanwendungen unterstützen“	209

9.26	Thematische Gruppe von Anforderungen: „Eine LLUA ausgestalten und einsetzen“	210
10.1	Schachtelung der einzelnen Elemente des LLUA-Rahmenwerks	214
10.2	Architektur des LLUA-Rahmenwerks auf der Ebene der Cluster	214
10.3	Konzeptionelle Abbildung des LLUA-Rahmenwerks auf Multiagentensysteme	216
10.4	Konzept der Abbildung: Übersicht	221
10.5	Konzept der Abbildung: <i>Modellierung der menschlichen Umgebung</i> und <i>Modellierung der technischen Umgebung</i>	222
10.6	Konzept der Abbildung: <i>Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen</i>	223
10.7	Konzeptionelle Integration von BDI- und MULAN-Agenten	225
10.8	VMDA: Vorgehensmodell für die Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen	236
10.9	Konzept einer LLUA	251
12.1	Modell der technischen Umgebung: <i>Kommunikation & Kollaboration</i> . . .	267
12.2	Modell der menschlichen Umgebung: <i>Kommunikation & Kollaboration</i> . .	267
12.3	Integration des technischen und des menschlichen Modells: <i>Kommunikation & Kollaboration</i>	268
12.4	Grober technischer Entwurf für den Bereich <i>Planung & Durchführung</i> einer LLUA	272
12.5	Feiner technischer Entwurf für den Bereich <i>Planung & Durchführung</i> einer LLUA	273
12.6	Erweiterter grober technischer Entwurf für den Bereich <i>Kommunikation & Kollaboration</i> einer LLUA	278
12.7	Feiner technischer Entwurf für den Bereich <i>Kommunikation & Kollaboration</i> einer LLUA	281
12.8	Vorgehensmodell (VMDA) als BPMN 2.0-Prozess	289
12.9	Erweiterter grober technischer Entwurf für einen Teil des Bereichs <i>Analyse</i> einer LLUA	292
12.10	Feiner technischer Entwurf für einen Teil des Bereichs <i>Analyse</i> einer LLUA	293
12.11	Erweiterter grober technischer Entwurf für einen Teil des Bereichs <i>Analyse</i> einer LLUA	296
12.12	Feiner technischer Entwurf für einen Teil des Bereichs <i>Analyse</i> einer LLUA	298
12.13	Erweiterter grober technischer Entwurf für einen Teil des Bereichs <i>Analyse</i> einer LLUA	300
12.14	Feiner technischer Entwurf für einen Teil des Bereichs <i>Analyse</i> einer LLUA	301
12.15	Umfrage: Vermittlungsformen	308
15.1	Punktplotdiagramm: Untersuchung des Setzens der Status von Jira Issues nach Wochentag und Uhrzeit	369
15.2	Prozess: Untersuchung der Statusübergänge nach Zeit	369
16.1	Analyse: Business Intelligence - Iteratives Arbeiten	378
16.2	Analyse: Business Intelligence - Abhängigkeiten	379
16.3	Analyse: Business Intelligence - Tätigkeitstyp	381

16.4	Analyse: Social Mining - Kooperation	383
16.5	Analyse: Process Mining - Verzahnte Kooperation	385
16.6	Analyse: Process Mining - Kommunikationsverhalten	386
16.7	Analyse: Business Intelligence - Aufgabenkontext	388
16.8	Analyse: Business Intelligence - Issue Erstellungen	390
16.9	Analyse: Business Intelligence - Verantwortlichkeiten	391
16.10	Analyse: Process Mining - Statusübergänge	392
16.11	Analyse: Business Intelligence - Arbeitszeiten	393
16.12	Analyse: Business Intelligence - Dokumentation	395
16.13	Analyse: Business Intelligence - Nutzung	396
16.14	Analyse: Untersuchung von Anpassungsvorschlägen (Prozess)	400
16.15	Analyse: Untersuchung von Anpassungsvorschlägen (Liniendiagramm) . .	400
18.1	Data-Science-Vorgehensmodell DASC-PM	433

Tabellenverzeichnis

2.1	Drei Kompetenzbereiche des Projektmanagements	18
2.2	Vier Formen der Datenanalyse im <i>Learning Analytics</i> Kontext	26
3.1	Beispielhafte <i>Projektmanagement Software Stacks</i>	58
6.1	Ziele und Herausforderungen der Rolle LehrerIn	124
6.2	Ziele und Herausforderungen der Rolle LernerIn	125
6.3	Ziele und Herausforderungen der Rolle ProjektmanagerIn	126
6.4	Ziele und Herausforderungen der Rolle AnalytikerIn	127
6.5	Ziele und Herausforderungen der Rolle VeranstaltungsentwicklerIn	128
6.6	Ziele und Herausforderungen der Rolle AdministratorIn	129
6.7	Ziele und Herausforderungen der Rolle KooperationsIn	130
6.8	Ziele und Herausforderungen der Rolle AngestellteR	131
6.9	Ziele und Herausforderungen der Rolle PrüferIn	132
6.10	Ziele und Herausforderungen der Rolle Prüfling	133
6.11	Angebote der Dienste der Rolle AnalytikerIn. Die aufgeführten Dienste sind der Kategorie (b) (s. Abschnitt 6.1.1) zuzuordnen.	139
6.12	Ziele und Herausforderungen der Rolle AnwendungsfallverstherIn	147
6.13	Ziele und Herausforderungen der Rolle DatenverstherIn	148
6.13	Fortsetzung	149
6.14	Ziele und Herausforderungen der Rolle DatenintegratorIn	150
6.15	Ziele und Herausforderungen der Rolle DatenvisualisiererIn	151
6.16	Ziele und Herausforderungen der Rolle AnalyseevaluatorIn	152
6.17	Ziele und Herausforderungen der Rolle AnalyseanwenderIn	153
9.1	An eine LLUA gestellte thematische Gruppen von Anforderungen	210
9.2	An das LLUA-Rahmenwerk gestellte thematische Gruppen von Anforderungen	211
14.1	Unterstützung der exemplarischen LLUA in den Bereichen <i>Planung & Durchführung</i> und <i>Kommunikation & Kollaboration</i> nach den definierten Anforderungen	326
14.1	Fortsetzung	327
14.2	Unterstützung des LLUA-Rahmenwerks in den Clustern <i>Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen</i> , <i>Unterstützung der Organisation und Kollaboration</i> und <i>Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA</i> nach den definierten Anforderungen	333
14.3	Gegenüberstellung der Forschungsfrage 1 sowie der Hypothese 1	338
14.4	Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Planen und Koordinieren von Tätigkeiten“	338

14.5	Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Bereich „Überblicken von Tätigkeiten“	340
14.6	Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothese für den Bereich „Planen und Koordinieren von Arbeitszeit“	341
14.7	Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Bereich „Überblicken von Arbeitszeit“	342
15.1	Unterstützung der exemplarischen LLUA in den Bereichen <i>Analyse</i> und <i>Reflexion</i> nach den definierten Anforderungen	346
15.2	Unterstützung des LLUA-Rahmenwerks in dem Cluster <i>Unterstützung der Datenanalyse</i> nach den definierten Anforderungen	354
15.3	Gegenüberstellung der Forschungsfrage 2 sowie der Hypothese 2	363
15.4	Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Entwicklung von Analysefragen“	364
15.5	Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Ermöglichung der Datenaufzeichnung“	365
15.6	Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Umsetzung der Datenanalyse“	367
16.1	Gegenüberstellung der Forschungsfrage 3 sowie der Hypothese 3	373
16.2	Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Ausprägung von Analysefragen“	376
16.3	Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothesen für den Subbereich „Beispielhafte Analysen und Auswirkungen“	376
16.4	Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Untersuchung von Anpassungsvorschlägen“	399
16.5	Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothesen für den Subbereich „Gewinnbringender Einsatz“	401
16.6	Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Untersuchung der Kommunikationsformen“	404
16.7	Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothesen für den Subbereich „Arbeitsaufwand“	405
16.8	Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Zeitintensive Teile des Datenanalyseprozesses“	407
16.9	Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Automatisierung des Datenanalyseprozesses“	408
17.1	Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Unterstützung der Installation, Konfiguration und Wartung“ . .	413
18.1	Einordnung des LLUA-Rahmenwerks	429

Teil I

Einleitung und Hintergrund

1 Einleitung

Das Ziel dieses Forschungsprojekts besteht darin, ein Rahmenwerk zur Verfügung zu stellen, das dafür eingesetzt werden kann, eine technische Lehr- und Lernumgebung zu realisieren und zu nutzen, welche die agierenden Personen in universitären projektbasierten Informatik-Lehrveranstaltungen bei ihren individuellen Herausforderungen unterstützt. Die adressierten Herausforderungen lassen sich im Allgemeinen in die folgenden Tätigkeiten einordnen: Planen, Organisieren, Lehren, Lernen, Koordinieren, Kollaborieren, Auswerten und Analysieren.

Im Kontext dieser Arbeit ist der Begriff *Rahmenwerk* nicht mit einem *softwaretechnischen Framework* zu verwechseln. Stattdessen ist der Begriff hier als Ordnungsrahmen definiert, der notwendige und hilfreiche Konzepte, Vorgehensweisen, Informationen, Hilfestellungen und technische Artefakte bündelt sowie miteinander integriert.

Dieses Forschungsprojekt ist in den Bereichen *Analyse von Bildungsdaten* und *Projektmanagement in Lehrveranstaltungen* angesiedelt. Es ist in zwei Hauptrichtungen der Informatik zu verorten: der praktischen und der angewandten Informatik.

1.1 Kontext und Motivation

In Projekten der Wirtschaft wird seit Jahrzehnten Software eingesetzt, durch deren Verwendung große Mengen an Daten generiert und gespeichert werden (vgl. [Aalst 2016]). Diese Daten werden umfassenden Datenanalysen unterzogen, um daraus operative und strategische Entscheidungen abzuleiten (vgl. [Baars und Kemper 2021; Gadatsch 2023]). Durch die voranschreitende Digitalisierung der Bildungseinrichtungen sowie dem Einsatz computerbasierter Lehr- und Lernumgebungen, werden heutzutage auch im Bildungsbe- reich auf vielerlei Weise Daten erfasst und analysiert [Aldowah u. a. 2019; Nguyen u. a. 2020]. Die Analyse dieser Daten birgt u. a. das Potenzial zu verstehen, wie Studierende lernen [Romero und Ventura 2020] und Dozierende lehren [Khuzairi u. a. 2020]. Die Ausschöpfung dieses Potenzials ist eine große Herausforderung für Bildungseinrichtungen (vgl. [Baker 2019, 2023]).

Je nach Ausprägung der Lehr- und Lernumgebung können unterschiedliche Herausforderungen adressiert und somit vielfältige Daten aufgezeichnet werden [Romero und Ventura 2012]. Aus den Daten lassen sich z. B. reflexive Rückmeldungen und neue Erkenntnisse für die Beteiligten ableiten [Blikstein 2011; Greller und Drachsler 2012], wie ein verbesserungswürdiges Vorgehen oder fehlende Lernmaterialien. Die aus Analysen gewonnen Informationen können unterstützend in iterativen Feedbackschleifen zwischen Lehrenden und Lernenden eingesetzt sowie dazu genutzt werden, bessere Lehr- und Lernumgebungen zu entwickeln (vgl. [Corrin u. a. 2016]). Einen Mangel weisen die heutigen Lernplattformen in der Unterstützung typischer Projektmanagementtätigkeiten auf, wie z. B. die Verwaltung von Aktivitäten, Zeit, Kosten und Ressourcen [Molinari 2021b]. Die Analyse dieser Daten könnte weitere Erkenntnisse für die Planung, Organisation und Durchführung projektbasierter Lehrveranstaltungen liefern.

Bisher wurden nur wenige Bemühungen unternommen, um komplexe Informationssysteme zu entwickeln, welche die Fähigkeiten zur Analyse von Lehr- und Lerndaten aufweisen, obwohl frühere Studien bereits gezeigt haben, dass die Analyse solcher Daten die Bildung positiv umgestalten kann [Nguyen; Tuunanen u. a. 2021].

In dieser Arbeit werden Lehr- und Lernumgebungen von kooperativen und kollaborativen Lehrveranstaltungen der praktischen und angewandten Informatik der Universität Hamburg untersucht, welche in den Unterrichtsformen *Praktikum* und *Projekt* durchgeführt werden. Diese beiden Veranstaltungsformen zeichnen sich dadurch aus, dass die Studierenden Lerninhalte vermittelt bekommen und sich selbst oder gemeinsam Wissen aneignen (Einarbeitungsphase), welches sie dann im laufenden Semester in Zusammenarbeit praxisorientiert einsetzen und vertiefen (Vertiefungsphase). Die hier untersuchten Lehrveranstaltungen sind als verteilte Veranstaltungen konzipiert, d. h. dass die beteiligten Personen (in Teilen) zeitlich und räumlich getrennt voneinander agieren können.

In der einen Lehrveranstaltungen wird die agentenorientierte Softwareentwicklung (AOSE) im Team (BSc. und MSc. Projekt/BSc. Praktikum; AOSE) gelehrt. Die andere lehrt die Analyse von Softwareentwicklungsprojekten und (projektbasierten) Lehrveranstaltungen mittels *Process Mining* (PM) und *Business Intelligence* (BI) (BSc. Praktikum; PM/DA¹). Letztere wurde im Kontext dieses Forschungsprojekts konzipiert, entwickelt und durchgeführt. Die Anzahl der teilnehmenden Studierenden betrug in den einzelnen Instanzen der Lehrveranstaltungen in den Jahren von 2017 bis 2022 zwischen 17 und 32. Während dieses Forschungsprojekts wurden die AOSE-Lehrveranstaltungen viermal und die PM/DA Lehrveranstaltungen fünfmal begleitet.

Zur Unterstützung der Lesbarkeit werden die hier beschriebenen praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen im Folgenden als *projektbasierte Lehrveranstaltungen* betitelt. In [Daniel 2015] werden im Kontext der universitären Lehre drei Rollen betrachtet, die von den Lehr- und Lernanalysen profitieren können: Administrierende, Studierende und Dozierende. In Anlehnung an diese Terminologie werden in der vorliegenden Arbeit die Administrierenden und Dozierenden als *Veranstaltende* und die Studierenden als *Teilnehmende* von Lehrveranstaltungen bezeichnet. Diese beiden hier zunächst grob gefassten Begriffe, werden im Verlauf der Arbeit verfeinert, indem ihre einzelnen Subrollen herausgearbeitet werden. Zusammengefasst sind sie die *agierenden Personen* in projektbasierten Lehrveranstaltungen.

Im Kontext der Durchführung und Analyse projektbasierter Lehrveranstaltungen ergeben sich spezifische Fragen und Herausforderungen. Diese bestehen insbesondere bei der Integration von Projektmanagement, der Aufzeichnung und der Analyse von Bildungsdaten sowie der Nutzung der Ergebnisse zur Unterstützung der Beteiligten projektbasierter Lehrveranstaltungen. Die in dieser Arbeit zentralen Herausforderungen und offenen Fragen werden in dem folgenden Abschnitt beschrieben.

1.2 Herausforderungen und offene Fragen

In projektbasierten Lehrveranstaltungen müssen Veranstaltende und Teilnehmende eine Vielzahl variierender und individueller Tätigkeiten durchführen. Diese beinhalten u. a.

- die Vorbereitung, Anpassung und Bereitstellung der Lernmaterialien und Aufgabenstellungen,

¹PM/DA steht für Process Mining/Data Analytics.

- die Zerlegung und Verteilung von Gruppenarbeiten sowie Verantwortlichkeiten,
- die Einteilung und Abstimmung von Arbeitszeiten,
- den Austausch von Dateien und Informationen,
- das Vorschlagen und Finden von Lösungswegen und
- das Dokumentieren, Präsentieren und Bereitstellen von Ergebnissen.

Veranstaltende und Teilnehmende sehen sich im Verlauf einer Lehrveranstaltung zusätzlich mit den Herausforderungen konfrontiert, ebensolche Tätigkeiten zu planen, zu koordinieren und zu überblicken [Alasalmi 2021; Rodrigues u. a. 2018]. Zur Durchführung solcher Tätigkeiten wird – besonders im Bereich der Informatik – häufig eine technische Umgebung eingesetzt, in welche sich die Teilnehmenden und ggf. auch die Veranstaltenden einarbeiten müssen. Das kooperative und kollaborative Verhalten und Lernen der agierenden Personen während der Durchführung dieser Tätigkeiten zu beobachten und zu unterstützen, birgt weitere Herausforderungen. Dazu zählt u. a. die Identifikation und Förderung der Häufigkeit sowie der Arten der Interaktionen [Ortega u. a. 2014; Sankar und Clayton 2012] und die anteiligen Leistungen in Gruppenarbeiten zu bewerten.

Die Veranstaltenden stehen kontinuierlich vor den Herausforderungen, die lehrveranstaltungsspezifischen Lerninhalte und -materialien zu verbessern [Gomede u. a. 2021] und diese in einer Form bereitzustellen, welche sie für die Teilnehmenden gewinnbringend nutzbar macht. In diesem Zuge lassen sich im weiteren Sinne z. B. auch der grundlegende Aufbau der Lehrveranstaltung, die verwendeten Lehr- und Lernkonzepte sowie das Definieren und Vermitteln von Aufgabenstellungen nennen. Von den Veranstaltenden werden weitere anspruchsvolle Leistungen erwartet. Zu diesen zählen z. B. die Evaluation der Abdeckung und Nutzung der vorhandenen Lerninhalte und -materialien und das Geben individueller Empfehlungen von weiterführenden Ressourcen (z. B. zur Förderung des Selbst- bzw. Gemeinschaftsstudiums) [Marinho u. a. 2010; Rodrigues u. a. 2018]. Die Veranstaltenden müssen nicht nur den inhaltlichen Umfang und Anspruch von Aufgabenstellungen bewerten, sondern auch die von den Teilnehmenden zur Ver- und Bearbeitung benötigte Arbeitszeit realistisch einschätzen [Alasalmi 2021].

In projektbasierten Lehrveranstaltungen ist es für die Veranstaltenden schwierig, die Tätigkeiten, den Fortschritt, die Defizite und die Effizienz der Teilnehmenden zu überblicken. Diese Aufgaben werden durch die räumliche und zeitliche Verteilung der agierenden Personen zusätzlich erschwert – was überdies auch für die Einschätzung der Motivation und des Engagements der Teilnehmenden gilt. Die Teilnehmenden benötigen und erwarten von den Veranstaltenden individuelle Rückmeldungen [Cavalcanti u. a. 2021; Kawash u. a. 2021]. Gleichzeitig sollten die Veranstaltenden versuchen, ihre zur Verfügung stehende Zeit gerecht auf die Teilnehmenden zu verteilen [Riese u. a. 2021]. Die von den Teilnehmenden benötigten Hilfestellungen müssen sich nicht nur auf die Bearbeitung von fachlichen Aufgaben beziehen, sondern können auch im Kontext der Einrichtung sowie Nutzung der technischen Umgebung auftreten.

Weitere Herausforderungen, mit denen die Veranstaltenden und Teilnehmenden in projektbasierten Lehrveranstaltungen konfrontiert werden, berühren die objektive Bewertung und Notenvergabe [Riese u. a. 2021] sowie das frühzeitige Abwenden vom Nichtbestehen einer Lehrveranstaltung. Um ein Nichtbestehen frühzeitig abzuwenden, kann es nützlich sein, prokrastinierende Teilnehmenden zu identifizieren [Hooshyar u. a. 2020]. In diesem Zusammenhang könnte es hilfreich sein, das Bewusstsein der Teilnehmenden dahingehend zu fördern, wie viel Arbeit und Zeit sie im Vergleich zu den anderen Teilnehmenden der der-

zeitigen oder vorheriger Lehrveranstaltungen investieren. Den Teilnehmenden besondere Hürden und Zeitpunkte zu benennen, die in vorherigen Durchführungen der Lehrveranstaltung zum Abbruch geführt haben, bietet ebenfalls das Potenzial, die Teilnehmenden vor einem Nichtbestehen zu bewahren (vgl. [Riofrio u. a. 2015]). Dies sind in einer projektbasierten Lehrveranstaltung jedoch schwer zu bewältigende Herausforderungen.

Bei all diesen Bestrebungen gilt es, ethische Richtlinien, den geltenden Datenschutz und die Persönlichkeitsrechte der beteiligten und betroffenen Personen einzuhalten. So ist es z. B. zwingend notwendig, dass durchgeführte Datenanalysen ausschließlich positive Absichten verfolgen und die Ergebnisse nicht vorsätzlich zum Schaden einzelner Personen eingesetzt werden. In Abschnitt 2.3.2 sind einige grundsätzliche Prinzipien zusammengetragen. Diese Aspekte werden in diesem Forschungsprojekt nach dem bestem Wissen und Gewissen berücksichtigt. Die Einhaltung des Datenschutzes und die Wahrung von Persönlichkeitsrechten sind hier jedoch nicht Forschungsthema.

Die Veranstaltenden sind im Rahmen ihrer Lehrveranstaltung als Domänenexperten zu betrachten und sollten darin befähigt werden, selbstständig verantwortungsvolle Datenanalysen durchzuführen (vgl. [Reimann u. a. 2012]). Ein möglicher Ansatz zur Unterstützung der Lehrenden könnte darin bestehen, ihre Datenkompetenz zu verbessern, damit sie in der Lage sind, Ziele für die Datenanalyse zu definieren, Daten zu sammeln und zu analysieren, die Ergebnisse zu interpretieren und anschließend Maßnahmen zu ergreifen, um die Lehrveranstaltung zu beeinflussen [Kippers u. a. 2018].

Eine Lehr- und Lernumgebung bereitzustellen, die derartige Herausforderungen adressiert, ist eine komplexe Aufgabe, welche die Kombination unterschiedlichen Wissens und den Einsatz unterschiedlicher Fähigkeiten u. a. aus den Bereichen Pädagogik, Informationssysteme, Softwareentwicklung und Datenwissenschaft erfordert (vgl. [Daniel 2015; Nguyen u. a. 2020]). Die zentralen Herausforderungen sind das Identifizieren und Zusammenstellen von Ansätzen und Werkzeugen, um aus den komplexen Datenbeständen Wissen zu generieren und dieses Wissen im Sinne der Verbesserung der Lehr- und Lernprozesse, zur effektiven Entscheidungsfindung einzusetzen [Stefanova und Kabakchieva 2017]. Um die Bereitstellung einer solchen Umgebung zu unterstützen, wird ein Modell benötigt, welches ihre zentralen Konstrukte (Komponenten) expliziert [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021].

1.3 Zielsetzung

Die Zielsetzung umfasst die Bereitstellung eines Rahmenwerks, das von Veranstaltenden in der Informatik-Lehre genutzt werden kann, um eine Lehr- und Lernumgebung zu entwerfen, zu implementieren und einzusetzen, mit der sie ihre projektbasierten Lehrveranstaltungen planen, organisieren, durchführen, analysieren und auswerten können. Eine solche – mit dem Rahmenwerk zu realisierende – Umgebung wird im Folgenden als Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (kurz: LLUA, gespr. „Lua“) bezeichnet. Dem folgend wird das Rahmenwerk als *LLUA-Rahmenwerk*² bezeichnet.

Es werden Konzepte erarbeitet, aus denen zum einen die Inhalte des Rahmenwerks abgeleitet werden. Zum anderen werden die Konzepte selbst in das Rahmenwerk integriert. In Gesamtheit bietet, das zu entwickelnde, Rahmenwerk eine geeignete Zusammenstellung und Integration von Konzepten, Vorgehensweisen, Informationen, Hilfestellungen,

²Zur Förderung der Lesbarkeit, wird dieses im Folgenden in den meisten Fällen nur das Rahmenwerk genannt.

Ansätzen, Methoden, Techniken und Werkzeugen. Im Allgemeinen gilt es, Herausforderungen (wie oben beschrieben) aus den Bereichen Projektmanagement sowie Datenaufzeichnung und -auswertung zu begegnen.

Von den Datenanalysen, die mit einer LLUA durchgeführt werden, sollen vorrangig Veranstaltende und Teilnehmende profitieren. Nach [Ifenthaler und Widanapathirana 2014] sind dies die *Meso* und *Micro* Ebenen. Die Unterstützung der *Mega* (Regierung/Verwaltung) und *Macro* (Institution/Hochschule) Ebenen liegt nicht im Fokus dieses Forschungsprojekts. Unter anderem ist zu erforschen, welche Informationen, die sich möglicherweise aus Datenanalysen ableiten lassen, die beteiligten Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen in welchem Maße unterstützen.

Zu Entwicklungs- und Evaluationszwecken des Rahmenwerks werden unterschiedliche Ausprägungen einer LLUA realisiert und diese jeweils in realen projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt sowie erprobt. Zur Realisierung der einzelnen Ausprägungen, werden die spezifischen Facetten einer LLUA jeweils, angepasst an den Kontext der jeweiligen Lehrveranstaltung, zunehmend differenzierter untersucht. Die, in diesem Zuge zu entwickelnden, Konzepte und zugehörigen technischen Umsetzungen werden systematisch in die einzelnen LLUAs integriert. Die resultierende LLUA wird im Folgenden als die *exemplarische LLUA* bezeichnet. Ferner werden der technische Entwurf und Artefakte für die technische Implementierung der exemplarischen LLUA bereitgestellt. Diese werden so aufbereitet, dass Veranstaltende die spezielle Ausprägung der hier entwickelten exemplarischen LLUA für ihre projektbasierten Lehrveranstaltungen auf- und einsetzen sowie individuell anpassen können.

1.4 Forschungsfragen und Hypothesen

Die Entwicklung und Erprobung des kurz beschriebenen und angestrebten Rahmenwerks sowie einer exemplarischen LLUA verfolgen den Zweck, mehrere Fragestellungen und Hypothesen wissenschaftlich zu untersuchen. Diese stellen den Kern des Forschungsinteresses dieser Arbeit dar und werden im Folgenden voneinander separiert beschrieben. Die hier aufgeführten Fragestellungen und Hypothesen werden in *Kapitel 4: Präzisierung der wissenschaftlichen Untersuchung* aufgegriffen, um gründlich erläutert sowie verfeinert zu werden.

Forschungsfragen

Der erste Untersuchungskomplex adressiert die Herausforderungen, die bei der Planung, der Koordination und dem Überblicken der Vielzahl an Tätigkeiten in projektbasierten Lehrveranstaltungen auftreten und wird durch die folgende Forschungsfrage definiert:

F01: Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Planen, Koordinieren und Überblicken ihrer eigenen Tätigkeiten und denen der anderen Personen unterstützt werden?

Im zweiten Untersuchungskomplex wird erforscht welche Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge für die Datenanalyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden können.

F02: Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Reflektieren ihres eigenen Verhaltens und des der anderen Personen mittels Datenanalyse unterstützt werden?

Abschließend wird im dritten Untersuchungskomplex evaluiert, welchen Mehrwert die Datenanalyse für die agierenden Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen hat und welche Grenzen existieren.

F03: Inwiefern kann die Datenanalyse für die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen einen Mehrwert bieten?

Hypothesen

Die folgenden drei Hypothesen adressieren jeweils der Reihenfolge nach die zuvor aufgeführten Forschungsfragen. Sie dienen dazu, den Lösungsansatz vorzubereiten und eine zielgerichtete Forschung zu fördern. Ferner werden die Hypothesen im späteren Verlauf dieser Arbeit validiert (s. Teil III).

H01: (vgl. F01) Wenn die agierenden Personen in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung gängigen Projektmanagementumgebung unterstützt werden können, dann können damit auch die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterstützt werden.

[Chadli u. a. 2016] zufolge unterstützt eine Projektmanagementumgebung (PMU), die gängig für globale bzw. verteilte Softwareentwicklungsprojekte ist, Gruppeninteraktionen in den drei Hauptbereichen Kommunikation, Koordination und Kooperation. Für die *Kommunikation* werden in der Regel Instant-Messaging, Foren, E-Mail-Benachrichtigungen, Audio-/Videokonferenzen und Wikis eingesetzt. Die *Koordination* wird durch Aktivitätsmanagement unterstützt, das z. B. die dynamische Visualisierung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten ermöglicht. Durch die Bereitstellung eines zentralen oder dezentralen virtuellen Arbeitsraums, der z. B. Dokumentenverwaltung und Versionsmanagement ermöglicht, wird die *Kooperation* unterstützt.

H02: (vgl. F02) Wenn sich Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik einsetzen lassen, dann können diese auch zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten praktischer, kooperativer, kollaborativer und verteilter Lehrveranstaltungen eingesetzt werden.

Im Kontext der Analyse von Geschäftsfeldern sind geläufige Begriffe heutzutage z. B. *Big Data*, *Data Science*, *Data Analytics* und *Data Mining* (s. Abschnitt 2.3.1). Im Rahmen der Analyse von Bildungsdaten werden häufig *Learning Analytics* (LA), *Educational Data Mining* (EDM) und *Academic Analytics* genannt (s. Abschnitt 2.1.3). Die Methoden, Techniken und Werkzeuge, die unter dem Schirm dieser Forschungsrichtungen und Begriffe existieren, können aufgrund ihrer Vielzahl im Rahmen dieser Arbeit nicht abgedeckt

werden. H02 zielt darauf ab, vielversprechende Disziplinen auszuwählen und diese zu erproben. An dieser Stelle sei vorweggenommen, dass in diesem Forschungsprojekt keine Verarbeitungs- und Analyseverfahren zum Einsatz kommen, die in die Bereiche *Machine Learning* (dt. maschinelles Lernen) oder *Artificial Intelligence* (dt. künstliche Intelligenz) einzuordnen sind.

H03: (vgl. F03) Wenn die Analyse von Projekten in der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik die beteiligten Personen dabei unterstützt, ihr eigenes Handeln und das der anderen zu reflektieren, dann unterstützt sie auch die beteiligten Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen. Diese Reflexion unterstützt sie darin, ihr eigenes Handeln anzupassen sowie die Lehrveranstaltung und die technische Lehr- und Lernumgebung gewinnbringend umzugestalten.

Durch die zeitnahe Analyse wird den beteiligten Personen die Möglichkeit zur zeitnahen (Selbst-)Reflexion geboten, welche sich auf die Selbstwahrnehmung und auf die Wahrnehmung der anderen Personen auswirken kann. Daraus können die Personen neue Handlungsweisen ableiten und z. B. ein angepasstes Arbeits-, Lern- oder Kommunikationsverhalten erproben.

1.5 Lösungsansatz und methodisches Vorgehen

Dieses Forschungsprojekt orientiert sich an der Kultur des PAOSE³-Ansatzes [Cabac 2010; Moldt 1998] (s. Abschnitt 2.6.1). Dieser stellt, zur Erforschung und zum Praktizieren der agentenorientierten Softwareentwicklung, insbesondere die Entitäten (z. B. Personen, Teams und technische Komponenten) sowie ihre Interaktionen miteinander in das Zentrum. Projektbasierte Lehrveranstaltungen können als soziotechnische Systeme [Emery und Trist 1969] betrachtet werden, denn eine solche Lehrveranstaltung besteht nicht nur aus Personen, also der menschlichen Umgebung, sondern auch aus der technischen Umgebung. Aus diesen Gründen eignet sich der PAOSE-Ansatz zur Untersuchung und Entwicklung solcher Lehrveranstaltungen.

Des Weiteren wird im PAOSE-Ansatz ein kontinuierlicher Wandel durch Reflexion der Methoden, Techniken und Werkzeuge des Ansatzes angeregt und so die Anpassung des Ansatzes selbst, an die sich über die Jahre verändernde Umwelt und gewonnenen Erfahrungen, gefördert. Der PAOSE-Ansatz wird in der Lehrveranstaltung zur agentenorientierten Softwareentwicklung im Team (s. Abschnitt 1.1) gelehrt, eingesetzt und in diesem Zuge angepasst. Der Autor dieser Arbeit ist selbst seit 2014 in diesen Ansatz integriert und hat zur Weiterentwicklung sowie zur Anpassung der korrespondierenden Lehrveranstaltung beigetragen [Schmitz 2016; Schmitz und Moldt 2018; Schmitz u. a. 2016, 2018].

Um u. a. die Übertragbarkeit der in dieser Arbeit entwickelten Lösungen auf andere projektbasierte Lehrveranstaltungen – als die hier erforschten – zu fördern, wird eine systematische Betrachtungsweise jener Lehrveranstaltungsform vorgeschlagen. Diese bedient sich der Multiagentensysteme (MAS) [Huhns und Stephens 1999; Jennings u. a. 1998] unter der speziellen Berücksichtigung des MULAN⁴-Ansatzes [Cabac 2010; Rölke 2004].

³Petrinetz-, Agenten- und Organisationsorientierte Softwareentwicklung

⁴(*Multi-Agent Nets*; dt. Multiagentennetze)

Dem Autor dieser Arbeit ist kein Konzept bekannt, das auf einer multiagentenorientierten Betrachtung basiert, um ein solches Rahmenwerk zu realisieren. Die systematische Betrachtungsweise dient zusätzlich dem tiefgreifenden Verständnis der zu untersuchenden und zu analysierenden Systeme (projektbasierte Lehrveranstaltungen), der Konzeption, Spezifikation und Ausgestaltung des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA sowie der Durchführung, Interpretation und Kommunikation der Datenanalysen.

Das in der Zielsetzung (s. Seite 6) beschriebene Rahmenwerk vereinigt Methoden, Techniken und Werkzeuge unterschiedlicher Bereiche. Im Vordergrund stehen das Projektmanagement und die Datenanalyse. Um u. a. die drei Forschungsfragen (s. Seite 7) zu beantworten und die Hypothesen (s. Seite 8) zu validieren, werden verschiedene Ausprägungen spezieller LLUAs geschaffen und schließlich die resultierende exemplarische LLUA vorgestellt. Diese werden in mehreren Lehrveranstaltungen praktisch eingesetzt.

Eine LLUA, die mit dem Rahmenwerk entworfen und implementiert werden kann, besteht aus der technischen Umgebung, die es auf der einen Seite ermöglichen soll – für Softwareentwicklungsprojekte typische – Projektmanagementtätigkeiten durchzuführen (Untersuchung von F01 und H01). Auf der anderen Seite werden Möglichkeiten geschaffen, um Daten über das Verhalten der agierenden Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen aufzuzeichnen, zu extrahieren, zu transformieren, zu sammeln und zu analysieren (Untersuchung von F02 und H02).

Das Rahmenwerk wird – im Sinne der Kultur des PAOSE-Ansatzes – iterativ, agil und exploratorisch im Kontext mehrerer Lehrveranstaltungen in enger Zusammenarbeit mit Veranstaltenden und Teilnehmenden entwickelt sowie erprobt. Das Vorgehen bei der Entwicklung des Rahmenwerks lehnt sich dabei an die iterative *Design Science Research Methodology* für Informationssysteme an (s. Abschnitt 4.4), wie sie in [Hevner u. a. 2004; Peffers u. a. 2007] beschrieben wird. Für die Entwicklung und Erprobung wird außerdem eine neue Lehrveranstaltung geschaffen, deren Lerninhalt die Datenanalyse von Softwareentwicklungsprojekten und (projektbasierten) Lehrveranstaltungen ist. Die Lehrveranstaltung wird mit Hilfe verschiedener Ausprägungen einer LLUA durchgeführt. Aus diesen Erprobungen und einhergehenden Evaluationen resultiert die exemplarische LLUA. Dadurch wird die Weiterentwicklung der Lehrveranstaltung zu Teilen von der Ausprägungen der LLUAs getragen und durch die resultierenden Datenanalysen unterstützt (Untersuchung von F03 und H03). Die Lerninhalte werden in diesem Zuge entsprechend dem Fortschritt des Rahmenwerks angepasst. Dadurch erhält die Entwicklung des Rahmenwerks seinen exploratorischen Charakter, denn die verwendete Instanz der LLUA dient dazu neue Ideen, Konzepte, Methoden, Techniken und Werkzeuge systematisch zu erproben. Positiv bewertete Lösungsansätze werden in das Rahmenwerk integriert, negativ bewertete Lösungsansätze werden verworfen und finden ihren Weg nicht ins Rahmenwerk. Somit unterliegt das Rahmenwerk einer kontinuierlichen Anpassung und wird von den praktischen Erfahrungen beim Einsatz einer LLUA geprägt.

1.6 Aufbau

Diese Dissertation gliedert sich in vier Teile. In Teil I werden neben dieser Einleitung Grundlagen vermittelt sowie verwandte Forschungsbereiche untersucht und aufbereitet. Die Entwicklung des angestrebten Rahmenwerks und einer generischen sowie der exemplarischen LLUA werden in Teil II beschrieben. Teil III dient dazu, den Einsatz des Rah-

menwerks und der exemplarischen LLUA zu beschreiben, zu diskutieren und die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts zu evaluieren. Als Abschluss dieser Arbeit werden in Teil IV eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick gegeben.

Teil I Nach der Einleitung werden im Kontext dieser Arbeit relevante Grundlagen und Begrifflichkeiten zu den zentralen Themenschwerpunkten Lehrveranstaltungen, Analyse von Bildungsdaten, Projektmanagement und Datenanalysen erläutert. Außerdem werden in diesem Forschungsprojekt verwendete Techniken und Konzepte beschrieben sowie die durchgeführten und untersuchten Lehrveranstaltungen vorgestellt (s. Kapitel 2). Im Anschluss werden Arbeiten aus den verwandten Forschungsbereichen Modellierung, Projektmanagement und Datenanalysen untersucht und aufbereitet, um die Grundlagen mit wertvollen Ergebnissen anderer Forscher zu ergänzen und eine Basis für einen späteren Vergleich zu erzeugen (s. Kapitel 3).

Teil II Zur Förderung der zielgerichteten Forschung wird die wissenschaftliche Untersuchung präzisiert, indem die Forschungsfragen, Hypothesen sowie die Lösungsansätze und Ziele, detaillierter als hier in der Einleitung, dargelegt werden (s. Kapitel 4). Um die Übertragbarkeit, der in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse, auf andere Lehrveranstaltungen, die nicht explizit untersucht wurden, zu fördern, wird eine systematische Betrachtungsweise vorgeschlagen. Diese basiert auf der Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf MAS. In diesem Zuge werden u. a. konkrete Rollen und Agentenspezifikationen definiert (s. Kapitel 5). Auf Grundlage der Rollendefinition werden Ziele und Herausforderungen erhoben, welche diese in projektbasierten Lehrveranstaltungen haben bzw. mit denen sie konfrontiert werden (s. Kapitel 6). Anhand der erhobenen Ziele und Herausforderungen werden die zu entwickelnde exemplarische LLUA und das Rahmenwerk selbst skizziert, um konkretere Visionen von beiden zu vermitteln (s. Kapitel 7). Im Anschluss werden die Rahmenbedingungen festgelegt (s. Kapitel 8), welche die Entwicklung des Rahmenwerks und die Erprobung der exemplarischen LLUA beeinflussen.

Auf der Grundlage der Ziele und Herausforderungen der Rollen, der angefertigten Skizzen sowie den Rahmenbedingungen werden Anforderungen an eine (allgemeine und nicht ausschließlich an die exemplarische) LLUA und das Rahmenwerk definiert (s. Kapitel 9). Das Rahmenwerk besteht strukturell aus einzelnen Modulen, welche zu Clustern mit speziellen Themenschwerpunkten zusammengefasst werden. Grundlegende, in dem Rahmenwerk enthaltene Konzepte werden ausgearbeitet und die restlichen Inhalte der einzelnen Module werden konzeptionell erarbeitet (s. Kapitel 10). Aufbauend auf diesen Konzepten wird u. a. der grobe technische Entwurf einer LLUA (bzw. ihre Konzeption) entwickelt und vorgestellt, welcher die einzelnen Komponenten und ihre Beziehungen zueinander darstellt (s. Abbildung 10.9). Vor der endgültigen inhaltlichen Ausgestaltung des Rahmenwerks wird erörtert und entschieden, wie die praxisorientierten Inhalte außerhalb dieser Arbeit bereitgestellt werden können. Zu diesem Zweck wird ein digitales Handbuch entwickelt und in Form einer Webseite veröffentlicht (s. Kapitel 11). Im Verlauf der Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks (s. Kapitel 12) wird neben dem groben technischen Entwurf einer LLUA auch der spezielle feine Entwurf für die exemplarische LLUA Schrittweise vorgestellt (s. Abbildung 12.14). In dem feinen Entwurf werden die generischen Komponenten des groben Entwurfs durch die Kopplung konkreter Software-

anwendungen und Technologien ersetzt. Um diese Inhaltsvielfalt gebündelt darzustellen, werden die wichtigsten Inhalte am Ende des Teil II zusammengefasst (s. Kapitel 13).

Teil III Nachdem die Entwicklung des Rahmenwerks beschrieben wurde, werden die Forschungsfragen beantwortet und die Hypothesen validiert. Um die Diskussion des Untersuchungskomplexes der Forschungsfrage 1 und der Hypothese 1 vorzubereiten und durchzuführen, werden zunächst der Einsatz der exemplarischen LLUA anhand von Beispielen sowie die Auswirkungen der Unterstützung des Rahmenwerks unter Berücksichtigung der definierten Anforderungen beschrieben und evaluiert (s. Kapitel 14). In diesem Zusammenhang wird konkret erläutert, wie beide im Kontext zweier ausgewählten Fallstudien eingesetzt wurden und zusammengespielt haben. Das gleiche Vorgehen wird auch zur Diskussion des Untersuchungskomplexes der Forschungsfrage 2 und Hypothese 2 herangezogen (s. Kapitel 15). Um den Untersuchungskomplex der Forschungsfrage 3 und Hypothese 3 zu diskutieren, wird der Mehrwert der Auswirkungen von Datenanalysen in projektbasierten Lehrveranstaltungen abgeschätzt. Dazu werden u. a. konkrete Analysen vorgestellt und ihre Ergebnisse erörtert. Außerdem wird beschrieben, wie einzelne Analyseergebnisse in untersuchten Lehrveranstaltungen eingesetzt und kommuniziert wurden. Der Mehraufwand, welchen die Veranstaltenden und ggf. auch die Teilnehmenden aufgrund der Durchführung von Datenanalysen erfahren, wird abgeschätzt (s. Kapitel 16).

Im Anschluss erfolgt eine übergreifende Betrachtung, mittels welcher die Entwicklung und die Nutzung einer LLUA mit Unterstützung des Rahmenwerks bewertet wird. Anschließend wird der gewählte Ansatz hinsichtlich seiner Allgemeingültigkeit besprochen und die Einschränkungen der Ergebnisse werden diskutiert (s. Kapitel 17). Um die Evaluation der Ergebnisse zu komplementieren, werden wissenschaftliche Einordnungen und Vergleiche mit verwandten Arbeiten vollzogen (s. Kapitel 18). Abschließend werden die Inhalte dieses Teils zusammenfassend dargestellt (s. Kapitel 19).

Teil IV Den Abschluss der vorliegenden Arbeit bilden eine Zusammenfassung ihrer wichtigsten Ergebnisse (s. Kapitel 20) und Inhalte (s. Kapitel 21) sowie ein Ausblick auf fortführende Forschungsprojekt (s. Kapitel 22).

2 Grundlagen und Terminologie

Um das Verständnis der folgenden Inhalte dieser Arbeit zu fördern, werden in diesem Kapitel grundlegende Informationen und Begrifflichkeiten vermittelt. Diese Erläuterungen beinhalten die Themenschwerpunkte Lehren, Lernen und das Analysieren von Bildungsdaten (s. Abschnitt 2.1), Grundlagen des Projektmanagements (s. Abschnitt 2.2) sowie die Analyse von Daten im Allgemeinen (s. Abschnitt 2.3). Im Anschluss werden Techniken und Konzepte vorgestellt, die hier eine zentrale Rolle einnehmen bzw. vermehrt in dieser Arbeit und dem umschließenden Forschungsprojekt zum Einsatz kommen (s. Abschnitt 2.4). Da hier u. a. eine Lehr-, Lern- und Analyseumgebung technisch umgesetzt und betrieben werden soll, werden Basisbegriffe und -aufgaben der Systemadministration und des Web-Hostings betrachtet (s. Abschnitt 2.5). Am Ende dieses Kapitels werden die Lehrveranstaltungen vorgestellt, welche im Verlauf dieses Forschungsprojekts vom Autor dieser Arbeit entwickelt, durchgeführt und begleitet wurden (s. Abschnitt 2.6).

2.1 Lehren, Lernen und Analysieren

Das Lehren und das Lernen sind in diesem Forschungsprojekt als der Anwendungskontext zu betrachten. Um grundlegende Begrifflichkeiten zu vermitteln, werden hier zunächst die verschiedenen universitären Veranstaltungsformen erläutert. Im Anschluss werden einige Grundideen und spezielle Ausprägungen von digitalen Lehr- und Lernumgebungen erläutert. Daraufhin wird in die beiden Themenkomplexe *Learning Analytics* (LA) und *Educational Data Mining* (EDM) eingeführt, um ein grundlegendes Verständnis von Datenanalysen im Bildungskontext zu schaffen.

2.1.1 Universitäre Veranstaltungsformen

Im Laufe ihres Studiums begegnen die Studierenden unterschiedlichen Veranstaltungsformen. Die gängigste ist die Vorlesung, in welcher den Studierenden von Dozierenden systematisch aufbereitete Inhalte und deren Zusammenhänge präsentiert werden. Eine Vorlesung kann z. B. von einer Übung, einem Tutorium oder einem Seminar begleitet werden. Die Zusammenfassung mehrerer zusammenhängender Lehrveranstaltungen wird als Modul bezeichnet [Universität Hamburg 2023].

Während Übungen und Tutorien i. d. R. nicht alleine stehen, werden Seminare auch unabhängig von anderen Lehrveranstaltungen angeboten. In einer Übung werden häufig selbstständig Übungsaufgaben bearbeitet, die zur Festigung und Vertiefung des in der Vorlesung erlangten Wissens dienen sollen. In einem Seminar werden bestimmte Themenbereiche vertieft und oft werden die Studierenden aktiv in die Gestaltung miteinbezogen, indem sie z. B. Referate halten und an Diskussionen teilnehmen. Außerdem kann in einem

Seminar eine schriftliche Ausarbeitung gefordert werden. Ein Überblick der etablierten Veranstaltungsformen wird online von der Universität Würzburg geboten¹.

In der vorliegenden Arbeit stehen die Veranstaltungsformen Praktikum und Projekt, wie sie vom Fachbereich Informatik der Universität Hamburg angeboten werden, im Zentrum der wissenschaftlichen Untersuchung. Beide Formen zeichnen sich dadurch aus, dass die Studierenden unter Anleitung oder eigenständig praktische Fähigkeiten erwerben, welche kritisch bewertet und dokumentiert werden müssen. In der Prüfungs- und Studienordnung für den Bachelorstudiengang Informatik der Universität Hamburg [Universität Hamburg 2019] vom 03. April 2019 sind für diese Veranstaltungen folgende Lernergebnisse definiert:

- Praktikum: „Die Studierenden besitzen grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten zur praktischen Konstruktion konkreter Software im Rahmen einer anspruchsvollen Aufgabenstellung. Sie sind in der Lage, die konkreten Arbeitsschritte der Softwareentwicklung im Team zu planen und zu koordinieren und verfügen damit über allgemeine berufsbefähigende Kompetenzen. Sie können Methoden der Softwaretechnik mit Fachinhalten weiterer Informatik-Lehrgebiete verknüpfen.“ [Universität Hamburg 2019, S. 9]
- Projekt: „Die Studierenden sind in der Lage, anspruchsvolle Informatik-Aufgaben zu lösen und dabei das im Bachelorstudium vermittelte Theorie- und Methodenwissen der Informatik gezielt anzuwenden. Sie haben die typischen Phasen eines Entwicklungsprojektes im Team unter Rahmenbedingungen durchlaufen, die denen der beruflichen Praxis weitestgehend entsprechen, und verfügen über entsprechende berufsbefähigende Kompetenzen. Sie kennen aktuelle Entwicklungen in einem Spezialgebiet der Informatik, verfügen über Problemlösungskompetenz und können unter Anleitung einfache wissenschaftliche Arbeiten selbstständig durchführen.“ [Universität Hamburg 2019, S. 9]

Dazu ist zu ergänzen, dass die Themen in einigen Veranstaltungen nicht auf die Softwareentwicklung, sondern auch auf andere Bereiche der Informatik ausgerichtet werden. Außerdem ist an dieser Stelle explizit hervorzuheben, dass die Studierenden in diesen beiden Veranstaltungsformen i. d. R. in Teams bzw. Gruppen arbeiten. Diese Kooperation kann sowohl räumlich als auch zeitlich verteilt erfolgen. Aus diesem Umstand hat sich im Kontext dieses Forschungsprojekts der – bereits in der Einleitung dieser Arbeit eingeführte – Begriff *projektbasierte Lehrveranstaltung* geprägt, mit welchem praxisorientierte, kooperative, kollaborative und verteilte Lehrveranstaltungen bezeichnet werden. In solchen Lehrveranstaltungen wird u. a. die Lernmethode *projektbasiertes Lernen* eingesetzt (vgl. [Du und Han 2016]).

Die Ausprägungen, der im Rahmen dieses Forschungsprojekts betrachteten Praktika und Projekte, werden in Abschnitt 2.6 genauer beschrieben.

2.1.2 Digitale Lehr- und Lernumgebungen

Eine Lernumgebung ermöglicht per se das eigeninitiativ Lernen, da durch die Bereitstellung von Lerninhalten die Steuerung durch die Lehrkräfte abgeschwächt wird. Um die Kommunikation und Reflexion des Lernens unter den Lehrenden und Lernenden zu

¹<https://www.uni-wuerzburg.de/lehre/lehren/rahmenbedingungen/veranstaltungsformen/>, besucht am 31.01.2024

fördern, sollten Lernumgebungen soziale Kontexte aufweisen und kooperatives und kollaboratives Lernen ermöglichen (vgl. [Middendorf, William 2022]). In [Klinger 2011] werden als direkte Aspekte einer Lernumgebung z. B. die aufbereiteten Lerninhalte, ihre Präsentation, welche Medien dafür zum Einsatz kommen und das methodische Vorgehen genannt. Weitere werden als Rahmenbedingungen angegeben. Zu diesen zählen u. a. die soziale und personelle Situation, die Ausstattung des Bildungsinstituts sowie die Lehr- und Lernkultur.

In einer digitalen Lernumgebung werden anstelle von analogen Geräten, wie z. B. Beamer und Tafel, digitale Hilfsmittel, wie z. B. die mediale Vermittlung via Online-Präsentationen eingesetzt. Anstelle analoger Medien werden Texte, Videos und Audioaufzeichnungen als Dateien bereitgestellt (vgl. [Middendorf, William 2022]).

Seit der COVID-19 Pandemie hat die Akzeptanz zur Nutzung von *Learning Management Systems* (LMS) zugenommen [Raza u. a. 2020]. Im Folgenden wird kurz erläutert, was ein solches System ausmacht und welche prominenten Vertreter existieren. Außerdem wird auf eine weitere Form digitaler Lernumgebungen, die *Social Learning Environments*, eingegangen.

Learning Management Systems (LMS)

Ein LMS ist eine webbasierte Softwareanwendung, die zur Organisation, Speicherung und Bereitstellung von Lehr- und Lerninhalten sowie ergänzenden Materialien für das digitale Lernen eingesetzt wird. Diese Materialien können z. B. Grafiken, eBooks, PDFs, Vorlesungsfolien sowie Audio- und Videodateien sein. Der Zugang erfolgt über einen Webbrowser, einige LMS bieten jedoch auch mobile Apps an [Sims 2021].

Durch den Einsatz eines LMS muss das Wissen nicht nur von Person zu Person weitergegeben werden, sondern kann auch durch strukturierte oder semi-strukturierte Kurse oder Schulungen verbreitet werden. Dadurch können die Lernenden ihr eigenes Lerntempo verfolgen und Lerninhalte nutzen, wann immer sie sie benötigen [Hilger und Wahl 2022].

Ein LMS bietet die Möglichkeiten Kurse bzw. Lehrveranstaltungen und die Teilnehmenden Personen zu verwalten [Kaliva 2016]. Ein umfangreiches LMS gibt z. B. an, welche Kurse von der benutzenden Person absolviert werden sollen und welche bereits abgeschlossen wurden. Auf diese Weise kann z. B. auch ein Überblick über das Wissen erzeugt werden, das eine bestimmte Rolle haben sollte und eine konkrete Person tatsächlich erworben hat (vgl. [Hilger und Wahl 2022]).

Neben diesen Möglichkeiten lassen sich in LMS auch Tests und Prüfungen erzeugen, um den Wissensstand der Personen abzufragen. Dies kann in der universitären Lehre z. B. zur Implementierung von Übungsaufgaben und deren Kontrolle eingesetzt werden².

Laut einer Untersuchung des eBüros und AGORA-Teams der Fakultät für Geisteswissenschaften der Universität Hamburg im Jahr 2018 [Universität Hamburg 2018], waren an 65 ausgewählten norddeutschen Hochschulen die LMS Moodle³ (25), Stud.IP⁴ (14), ILIAS⁵ (11), OpenOLAT⁶ (3) und CommSy⁷ (2) im Einsatz. Von den Übrigen nutzen ei-

²Wie es z. B. in einigen Lehrveranstaltungen von Daniel Moldt am Fachbereich Informatik der Universität Hamburg mittels des LMS OpenOLAT umgesetzt wird.

³<https://moodle.org/>, besucht am 31.01.2024

⁴<https://www.studip.de/>, besucht am 31.01.2024

⁵<https://www.ilias.de/>, besucht am 31.01.2024

⁶<https://www.openolat.com/>, besucht am 31.01.2024

⁷<https://www.commsy.net/>, besucht am 31.01.2024

nige einzelne Software von kommerziellen Anbietern oder Eigenentwicklungen. In anderen Fällen konnte das verwendete LMS nicht in Erfahrung gebracht werden.

Darüber hinaus sind die zwei international weit verbreitete LMS Canvas⁸ und Blackboard⁹ zu nennen, welche nicht nur in der Hochschullehre, sondern auch in Institutionen oder Organisation zum Einsatz kommen (vgl. [Sims 2021]).

Eine umfangreiche Einführung in die Grundzüge von LMS wird in [Sims 2021, Chapter 5] und [Hilger und Wahl 2022, Chapter 8] geboten.

Social Learning Environments (SLE)

Um die Interaktion zwischen den Teilnehmenden von e-Learning Kursen oder digitalen Lehrveranstaltungen anzuregen, wurde in einigen Fällen erfolgreich auf die Nutzung sozialer Netzwerke zurückgegriffen (vgl. [Veletsianos und Navarrete 2012]). Die Autorin von [Kaliva 2016] hält grundsätzlich fest „[...]“, dass Systeme, die lediglich das Verwalten des Lernens und Lehrens und nicht auch die Kollaboration und Kommunikation erlauben, für das projektbasierte Lernen weniger geeignet scheinen.“ [Kaliva 2016, S. 85] Abhilfe könnten sogenannte SLE schaffen, welche u. a. die Community-Bildung und die Mitgestaltung der Inhalte ermöglichen, die Kooperation und Kollaboration unterstützen und darüber hinaus die Aktivitäten der nutzenden Personen darstellen.

Ein Beispiel für eine solche Umgebung nennt sich *THspaces*¹⁰ und wird an der TH Köln eingesetzt. Auf der angegebenen Webseite wird diese als „soziale Lernplattform für digitale Arbeitsräume in Studium, Lehre und Forschung“ bezeichnet, welche „Kommunikation im Lernprozess, kollaboratives Arbeiten, projektorientiertes Studium, vielfältige Lernaktivitäten, Vernetzung mit Akteuren an der Hochschule [und] Präsentation von Ergebnissen“ ermöglicht.

Eine umfangreiche Betrachtung darüber, welche Auswirkungen ein SLE auf projektbasiertes Lernen an Hochschulen haben kann, wird in [Kaliva 2016] gegeben.

Ein Begriff, der im Kontext des digitalen kollaborativen Lernens in Gruppen geprägt wurde, ist das *computer-supported collaborative learning* (CSCL, vgl. [Gerry u. a. 2006]). Der Kerngedanke ist, kooperatives und kollaboratives Lernen über räumliche Distanzen mittels der Unterstützung von Technologien, wie z. B. Computern, zu ermöglichen.

Zwar wird im Kontext dieses Forschungsprojekts kein explizites SLE eingesetzt, deren Grundgedanken sowie der von CSCL werden jedoch aufgegriffen und verfolgt.

2.1.3 Learning Analytics und Educational Data Mining

Im Kontext der Analyse von Daten in der Lehre zur Verbesserung dieser, des Lernens und der Umgebungen werden in der Literatur unterschiedliche Begriffe zur Benennung der Bereiche und ihrer Dimensionen verwendet [Aldowah u. a. 2019; Chatti u. a. 2012; Elias 2011; Peña-Ayala 2018; Romero und Ventura 2020]. Neben den meist genannten Begriffen LA und EDM wird häufig auch der Begriff *Academic Analytics* verwendet. Während sich die einzelnen Bereiche teilweise gegeneinander abgrenzen, so existieren auch inhaltliche

⁸<https://www.instructure.com/canvas>, besucht am 31.01.2024

⁹<https://www.blackboard.com/en-mea/teaching-learning>, besucht am 27.09.2023; Anmerkung: Nach der Fertigstellung des vorliegenden Textes wurde der Name Blackboard in *anthology* geändert.

¹⁰<https://spaces.th-koeln.de/>, besucht am 31.01.2024

Überschneidungen. An dieser Stelle wird nicht tief in die einzelnen Bereiche und vielfältigen, verwandten Disziplinen eingestiegen, sondern lediglich eine kurze Einführung in die Bereiche LA und EDM gegeben.

In [Chatti u. a. 2012] wird LA als ein generischer Begriff verwendet, der das Forschungsfeld der Entwicklung und den Einsatz von Methoden zur Analyse von Lehr- und Lerndaten umfasst. Eine ähnliche, generische Definition wird von [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021] verwendet, welche jedoch deutlich den Einsatz von Methoden in den Fokus stellt und die Entwicklung ausspart. Diese Sichtweise passt zu der Trennung von LA und EDM, die von [Romero und Ventura 2020] angeführt wird. Während die Autoren den Fokus (nach [Bakhshinategh u. a. 2018]) von EDM ebenfalls auf der Entwicklung von Methoden sehen, beschreiben sie (nach [C. Lang u. a. 2017]) LA als ein Feld, in welchem das Verstehen und Verbessern des Lernens und der Umgebung im Fokus stehen, indem Daten gemessen, gesammelt, analysiert und Berichte erzeugt werden. [Romero und Ventura 2020] führen weiter aus, dass LA datengestützte Entscheidungsfindungen unter der Integration von sowohl technischen als auch sozialen bzw. pädagogischen Facetten fokussiert. Dabei werden bekannte Vorhersagemodelle eingesetzt. In EDM wird vermehrt nach neuen Mustern in Daten gesucht und neue Modelle und Algorithmen entwickelt. [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021] führen zwei Studien an ([Blikstein 2011; Ruipérez-Valiente u. a. 2014]), die gezeigt haben, dass LA auch ohne Vorhersagen (also ohne den Einsatz von Vorhersagemodellen) einen positiven Einfluss entwickeln können, da es sehr wichtig sei, ein tiefes Verständnis für die Lernenden und ihre Lernprozesse zu entwickeln. Die Autoren führen weiter aus, dass neben dem Ziel, Vorhersagen zu treffen, das Ziel, die (Selbst-)Reflexion zu fördern, verfolgt werden könne. Die Lernenden könnten z. B. ihre Lernprozesse reflektieren, indem sie sich ihrer Lernstrategien, ihres Engagements und ihrer Leistungen bewusst werden.

Zwar werden in dieser Arbeit Methoden entwickelt und erprobt, um Daten projektbasierter Lehrveranstaltungen zu sammeln, auszuwerten und gewinnbringend einzusetzen, jedoch werden keine neuen Modelle oder Algorithmen entwickelt. Somit sind Teile dieser Arbeit vermehrt in das Forschungsfeld LA, als in EDM einzuordnen.

In dieser Arbeit soll das folgende Verständnis von LA gelten (übernommen, übersetzt und abgewandelt aus [Ifenthaler und Drachler 2020], ursprünglich aus [Ifenthaler und Widanapathirana 2014]): „Learning Analytics [sammelt und] verwendet statisch und dynamisch generierte Daten von Lernenden und Lernumgebungen, um diese [...] zu analysieren und zu visualisieren, mit dem Ziel der Modellierung und Optimierung von Lehr-Lernprozessen und Lernumgebungen“. Dieses Verständnis ähnelt stark dem, welches auch von der *Society of Learning Analytics Research* angegeben wird¹¹.

Weitere Definitionen von LA wurden z. B. in [de-Menéndez u. a. 2022] zusammengetragen. Dort werden u. a. auch weitere Unterschiede von LA und EDM herausgearbeitet.

Ein weiterer Begriff, der in den letzten Jahren in diesem Kontext geprägt wurde, ist *Teaching Analytics* (TA) (vgl. [Khuzairi u. a. 2020]). In der genannten Publikation werden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zum LA Forschungsfeld herausgearbeitet. Während sich LA laut [Khuzairi u. a. 2020] stärker auf die Lernenden und ihre Bedürfnisse konzentriert, stehen im TA die Lehrenden und ihre Aktivitäten im Fokus. TA soll die Lehrenden u. a. dabei unterstützen, Bildungskonzepte vor und nach der Durchführung zu analysieren und zu verbessern. Das Hauptziel sei es, Lehrende bei der Reflexion zu unterstützen, um ihren Lehrprozess zu verbessern (vgl. [Gauthier 2013]). Die Arbeiten,

¹¹<https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>, besucht am 31.01.2024

die im TA Kontext erfolgten, wurden meistens mit LA Werkzeugen und Rahmenwerken vollzogen [Khuzairi u. a. 2020].

Eine umfangreiche Einarbeitung in TA wird in [Mougiakou u. a. 2023] geboten. Das oben angegebene Verständnis des LA Begriffes schließt – im Sinne dieser Arbeit – weite Teile des TA Forschungsfelds mit ein.

2.2 Projektmanagement

Ein auf die individuellen Bedürfnisse zugeschnittenes Projektmanagement wird heutzutage von Organisationen als Erfolgsfaktor gewertet. Auch wenn klassische Methoden noch in der Breite angewendet werden, so zeigen sich ihre Grenzen z. B. bei der Produkt- oder Softwareentwicklung deutlich. Agile Methoden, wie z. B. Scrum¹², oder Mischformen – sogenannte hybride Projektmanagementansätze – können Abhilfe schaffen (vgl. [Kuster u. a. 2022]).

Nach [Kuster u. a. 2022] lässt sich Projektmanagement anhand von drei Dimensionen bzw. Kompetenzbereichen betrachten. Diese sind inklusive ihrer beinhalteten Themen in der Tabelle 2.1 dargestellt.

Im Folgenden wird zum einen der Begriff *Projekt* umschrieben, indem typische Charakteristika von Projekten erläutert werden. Außerdem wird eine Einführung in die grundlegenden Komponenten typischer technischer Umgebungen für das Projektmanagement geboten.

Tabelle 2.1: Darstellung der drei Kompetenzbereiche des Projektmanagements nach [Kuster u. a. 2022]. Die Stichpunkte in der Tabelle sind als wortwörtliches Zitat von [Kuster u. a. 2022, S. 11, 12] zu werten.

Kontext	Menschen	Praktiken
Rahmenbedingungen und Umfeld des Projekts	Beziehungen der Menschen und Teams	Methoden und Handwerk

¹²<https://www.scrum.org/>, 2023-09-29

-
• Strategie	• Selbstreflexion und Selbstmanagement	• Projektdesign
• Governance, Strukturen und Prozesse	• Integrität und Verlässlichkeit	• Anforderungen und Ziele
• Compliance, Standards und Regulationen	• Persönliche Kommunikation	• Leistungsumfang und Lieferobjekte
• Macht und Interessen	• Beziehungen und Engagement	• Ablauf und Termine
• Kultur und Werte	• Führung	• Organisation, Information und Dokumentation
	• Teamarbeit	• Qualität
	• Konflikte und Krisen	• Kosten und Finanzierung
	• Einfallsreichtum	• Ressourcen
	• Verhandlungen	• Beschaffung
	• Ergebnisorientierung	• Planung und Steuerung
		• Chancen und Risiken
		• Stakeholder
		• Change und Transformation
-

2.2.1 Projekte

In [Kuster u. a. 2022] wird angegeben, dass sich keine allgemein gültige Definition für den Projekt-Begriff durchgesetzt hat. Die Autoren schlagen die folgende Definition vor: „Ein Projekt ist ein einmaliges, bereichsübergreifendes, zeitlich begrenztes, zielgerichtetes und interdisziplinäres Vorhaben, das so wichtig, kritisch und dringend ist, dass es nicht in der bestehenden Linienorganisation bearbeitet werden kann, sondern besondere organisatorische Rahmenbedingungen erfordert.“ [Kuster u. a. 2022, S. 4] Außerdem geben sie für Projekte die folgenden Charakteristika an [Kuster u. a. 2022, S. 4]:

- zielgerichtete Vorhaben
- innovativ
- einmalige, zeitlich begrenzte Vorhaben
- interdisziplinär
- hohe fachliche und soziale Komplexität
- Charakter ändert sich von Phase zu Phase, es werden unterschiedliche Managementfähigkeiten benötigt
- schwierig zu planen und zu steuern, es werden besondere organisatorische Maßnahmen und eindeutige Entscheidungen benötigt
- Bedarf an außerordentlichen Ressourcen (Führung, Wissen, Personal, Finanzen)
- können Risiken finanzieller, personeller, fachlicher und terminlicher Art aufweisen
- soziale Systeme, welche eine eigene Projektorganisation benötigt

2.2.2 Projektmanagementumgebungen (PMU)

Eine einfache PMU kann z. B. vorrangig ein Selbstmanagementwerkzeug sein (vgl. [Madauss 2020]). Eine komplexe PMU besteht aus einer Vielzahl technischer Komponenten, welche dazu eingesetzt werden, Projekte zu planen, durchzuführen und zu überwachen. Solche PMUs werden dazu entwickelt „Aufgaben, Termine, Kapazitäten und Kosten sowie Risiken und weitere Aspekte von einzelnen Projekten darstellen [zu] können“ [Madauss 2020, S. 652]. Einige PMUs bieten die Möglichkeit, das Management dieser Gesichtspunkte nicht nur für ein Projekt, sondern auch projektübergreifend durchzuführen.

Die Auswahl einer geeigneten PMU, die Anpassung auf die vorhandenen Gegebenheiten sowie die Erfüllung der individuellen Anforderungen sind keine leichten Aufgaben. Es ist geläufig, dass Unternehmen auf fertige IT-Lösungen setzen, denn „Eigenentwicklungen sind in der Regel nicht wirtschaftlich“ [Madauss 2020, S. 653]. Damit Unternehmen eine PMU leichter an ihre Bedürfnisse anpassen können, werden Modulansätze und Plugin-Systeme innerhalb einer größeren Softwarelösung angeboten.

Einige Lösungen stellen Analyse- und Berichtssysteme bereit, um voreingestellte Kennzahlen zu erheben und auszuwerten. Der Autor von [Madauss 2020] weist darauf hin, dass diese nicht einfach übernommen, sondern hinsichtlich der entsprechenden Bedürfnisse des Projektportfolios untersucht und ggf. angepasst werden sollten.

Eine PMU kann heutzutage z. B. die folgenden Funktionen erfüllen, welche durch mehrere Komponenten realisiert werden können (vgl. [Hoban 2023; Indeed 2022]):

- Projektplanung: z. B. Planung von Zielen, Meilensteinen und Abhängigkeiten
- Aufgabenmanagement: z. B. Definition und Unterteilung von Aufgaben sowie Zuweisung von Verantwortlichkeiten
- Ressourcenmanagement: Organisation und Zuweisung von Ressourcen
- Zeit- und Budgetüberwachung: z. B. Arbeitszeiten erfassen, Projektkosten verfolgen und Abrechnungen generieren
- Kommunikations- und Kollaborationswerkzeuge: z. B. schriftliche und sprachliche Kommunikation, Teilen von Dokumenten sowie Bildschirmen und gemeinsame Bearbeitung von Dokumenten
- Datei- und Dokumentmanagement: z. B. Organisation, Verwaltung, Speicherung, Zugriffssteuerung und Versionierung von Dokumenten bzw. Dateien
- Analyse- und Berichtswerkzeuge: z. B. Datenerfassung, Darstellung des Zeitaufwands und des Projektfortschritts sowie Leistungen von Personen

2.3 Datenanalysen

Die Analyse von Daten – konkret, von Bildungsdaten – ist zentraler Bestandteil dieses Forschungsprojekts. Der Kern der Datenanalyse besteht daraus, aus vorliegenden Einzeldaten neue Informationen zu gewinnen und diese z. B. mittels Grafiken oder Tabellen zu präsentieren (vgl. [Kamps 2018]). In dem digitalen Buch „The Art of Data Science“ [Peng und Matsui 2017] wird die Datenanalyse (engl. *data analysis*) als Kunst bezeichnet, welche nicht einem Computer beigebracht werden kann, sondern eines Menschen bedarf, welcher all die Werkzeuge und Verfahren mit dem Ziel zusammenbringt, relevante Fragen zu beantworten.

In diesem Abschnitt werden zunächst grundlegende Begriffe erläutert, der Umgang mit Daten aus ethischer sowie rechtlicher Perspektive betrachtet und daraufhin verschiedene Arten von Daten beschrieben. Im Anschluss werden unterschiedliche Methoden von Datenanalysen betrachtet, bevor der *Datenanalyseprozess* sowie seine einzelnen Schritte und deren hauptsächlichen Aspekte genauer dargestellt werden.

2.3.1 Data Science, Data Analytics und Data Mining

Generell wird unter dem Begriff *data science* (dt. Datenwissenschaft) die Gewinnung von Wissen aus Daten verstanden. Dazu werden Werkzeuge und Prozesse eingesetzt. Der Begriff wird manchmal als eine Art Oberbegriff für weitere Begriffe (s. u.) oder synonym mit diesen verwendet. Während andere Begriffe, wie z. B. *machine learning* (dt. maschinelles Lernen) und *data mining* (dt. Datenschürfen) das gleiche Ziel haben, ist der Begriff *data science* umfassender, da dieser z. B. die Datenaufzeichnung, -bereinigung und -transformation mit einschließt.

Beim *machine learning* liegt der Fokus auf der Entwicklung von Algorithmen, um Muster aus Daten zu extrahieren. *Data mining* beschäftigt sich vorrangig mit der Analyse von strukturierten Daten (vgl. [Kelleher und Tierney 2018]). In [Jiawei Han und Pei 2011] wird *data mining* als Schritt im Datenanalyseprozess nach der Datentransformation angesiedelt, um aus den vorverarbeiteten Daten neues Wissen zu gewinnen.

Hinzu kommt der Begriff *data analytics*, dessen Abgrenzung zur *data science* sich schwierig gestaltet. Während *data science* verstärkt die offene Exploration der Daten beinhaltet, wird bei *data analytics* vorrangig die Beantwortung konkreter Fragen verfolgt (vgl. [Kelleher und Tierney 2018; Runkler 2016]). In [Taniar und Rahayu 2022] wird beschrieben, dass „*data analytics* sich auf Algorithmen zur Ermittlung der Beziehungen zwischen Daten fokussiert, um Muster zu finden, die sonst nicht gefunden werden können, und um vorhersagende Analysen durchzuführen.“ [Taniar und Rahayu 2022, S. 9] (frei übersetzt aus dem Englischen). Angesiedelt ist *data analytics* dort nur als letzter Schritt, nachdem die Daten bereits vorherigen Analysen unterzogen wurden. In [Runkler 2016] wird der gesamte Prozess – ähnliche wie bei der *data science* oben aufgeführt – der *data analytics* zugeschrieben.

2.3.2 Ethik, Datenschutz und Persönlichkeitsrechte

Das Ziel dieses Unterabschnitts ist es, ein Grundverständnis zur Einhaltung von ethischen Aspekten und der Wahrung von Datenschutz und Persönlichkeitsrechten bei der Analyse von Bildungsdaten zu vermitteln. Dazu wird eine Auswahl von Gesetzen, Regularien, Orientierungsrahmen und Empfehlungen präsentiert, welche als Startpunkte dienen sollen. Dieser Abschnitt ist somit keine umfassende Darstellung aller Aspekte, die bei der individuellen Durchführung von Bildungsdatenanalysen berücksichtigt werden sollten und müssen.

Im Jahr 2012 wurde von dem *Department of Homeland Security – Science and Technology* der USA der sogenannte *Menlo Report* herausgegeben [Kenneally und Dittrich 2012a,b]. In diesem werden vier Prinzipien vorgeschlagen, wie Forschende der Computer- und Informationssicherheit Untersuchungen ethisch vornehmen sollten (gekürzt und frei übersetzt aus dem Englischen [Kenneally und Dittrich 2012a, Table 1]):

- „Achtung der Personen: Teilnahme als Forschungsgegenstand ist freiwillig und beruht auf einer informierten Zustimmung; Personen sollten als autonome Akteure behandelt und ihr Recht respektiert werden, eigene Interessen zu bestimmen; Personen respektieren, die zwar nicht Ziel der Forschung, aber dennoch betroffen sind; Personen mit eingeschränkter Autonomie sind zu schützen
- Wohlwollen: Keinen Schaden verursachen; Maximierung des möglichen Nutzens unter Minimierung des möglichen Schadens; Systematische Bewertung der Risiken von Schäden und des Nutzens
- Gerechtigkeit: Jede Person verdient die gleiche Behandlung und der Nutzen sollte allen gerecht zu Gute kommen (je nach Bedarf, Aufwand, Verdienst und gesellschaftlichem Beitrag); die Versuchspersonen sollten gerecht ausgewählt und die Lasten gerecht auf die betroffenen Personen verteilt werden
- Achtung der Gesetze und des öffentlichen Interesses: Prüfung der rechtlichen Sorgfaltspflicht; Herstellen von Transparenz der Methoden und Ergebnisse; Übernehmen von Verantwortlichkeiten für Handlungen“

Diese Prinzipien bilden bereits eine gute Grundlage für das vorliegende Forschungsprojekt. Ein ähnliches Dokument, wie der *Menlo Report*, wurde 2018 von einer Datenethikkommission des Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat der Bundesrepublik Deutschland verfasst (s. [Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat 2019]). In diesem werden u. a. die folgenden ethischen und rechtlichen Grundsätze sowie Prinzipien erläutert: Die Würde des Menschen, Selbstbestimmung, Privatheit, Sicherheit, Demokratie, Gerechtigkeit und Solidarität sowie Nachhaltigkeit [Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat 2019, S. 43 ff.].

Ethische Grundsätze für die Bildungsdatenanalyse werden in [West u. a. 2016] in Form eines Rahmenwerks entwickelt und aufbereitet, um Entscheidungsprozesse vor dem Hintergrund der Ethik zu unterstützen. Die AutorInnen schlagen dafür den folgenden vierstufigen Prozess vor (gekürzt und frei übersetzt aus dem Englischen [West u. a. 2016, Fig. 2]):

1. „Erkunden Sie das Vorhaben: Stellen Sie die potenziellen Kosten/Risiken/Schäden dem potenziellen Nutzen gegenüber – unabhängig von den Werten des institutionellen Kontextes.
2. Nehmen Sie einen institutionellen Blickwinkel auf das Vorhaben ein: Stellen Sie Verbindungen zwischen dem ergründeten Vorhaben und dem institutionellen Kontext her. Gewichten Sie die Vorteile und Risiken des Vorhabens vor dem Hintergrund der Gegebenheiten des institutionellen Kontextes.
3. Betrachten Sie die Handlungsalternativen im Lichte der ethischen, theoretischen Ansätze: Sie sollten auch überprüfen, ob etwas angepasst oder hinzugefügt werden sollte, um das Vorhaben ethischer zu gestalten.
4. Dokumentieren Sie die getroffenen Entscheidungen: Stellen Sie Verbindungen zwischen Ihrem ethischen Entscheidungsprozess und den Prinzipien, Werten und Ansätzen her, sodass die Entscheidungen überarbeitet und nachvollziehbar erklärt werden können.“

Ein weiteres hilfreiches Werkzeug, um die Ethik, den Datenschutz und die Persönlichkeitsrechte bei der Planung oder Ausführung eines LA Projektes einzubeziehen ist die sogenannte *DELICATE* Checkliste [Drachsler und Greller 2016]. Während diese – wie

auch bereits die vorangegangenen Ansätze – auf die Untersuchung der Legitimation und Transparenz hinweist, u. a. hebt sie zusätzlich hervor, dass ein Vertrag mit den Personen, deren Daten untersucht werden sollen, geschlossen werden sollte und die Daten so stark wie möglich anonymisiert werden sollten. Außerdem werden von ihr auch technische Aspekte betrachtet, wie z. B. welche Personen Zugriff auf die Daten haben.

Von rechtlicher Seite aus, könnte sich diesem Thema über die Datenschutzgrundverordnung (DS-GVO, engl. *General Data Protection Regulation* (GDPR)) [Verordnung (EU) 2016/679 2016] genähert werden. Im Erwägungsgrund 26 der DS-GVO wird festgehalten, dass die Grundsätze für Datenschutz nicht für anonyme Informationen gelten sollten. Diese werden wie folgt konkretisiert: „[...] Informationen, die sich nicht auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person beziehen, oder personenbezogene Daten, die in einer Weise anonymisiert worden sind, dass die betroffene Person nicht oder nicht mehr identifiziert werden kann.“ [Verordnung (EU) 2016/679 2016, S. 5] Die Tätigkeit der *Pseudonymisierung* wird in der DS-GVO wie folgt definiert: „[...] die Verarbeitung personenbezogener Daten in einer Weise, dass die personenbezogenen Daten ohne Hinzuziehung zusätzlicher Informationen nicht mehr einer spezifischen betroffenen Person zugeordnet werden können, sofern diese zusätzlichen Informationen gesondert aufbewahrt werden und technischen und organisatorischen Maßnahmen unterliegen, die gewährleisten, dass die personenbezogenen Daten nicht einer identifizierten oder identifizierbaren natürlichen Person zugewiesen werden; [...]“ [Verordnung (EU) 2016/679 2016, S. 33]

In [Alhazmi und Arachchilage 2021] werden im Kontext eines Gesundheitsszenarios einige Methoden vorgestellt, wie spezielle Prinzipien der DS-GVO (wie z. B. Rechtmäßigkeit, Fairness und Transparenz sowie Datenminimierung) überprüft werden können.

Darüber hinaus existiert seit 2016 mit der DIN66398 eine „Leitlinie zur Entwicklung eines Löschkonzepts mit Ableitung von Löschfristen für personenbezogene Daten“ [Deutsches Institut für Normung 2016], welche Organisationen mittels Vorschlägen dabei unterstützt, ein eigenes Löschkonzept zu entwickeln. Im Jahr 2021 wurde darüber hinaus außerdem ein entsprechender internationaler Standard veröffentlicht [ISO/IEC 27555:2021].

Die AutorInnen von [Scheidig und Holmeier 2021] geben einen Orientierungsrahmen für den Einsatz von LA im Hochschulkontext. Dieser bezieht sich mit neun Punkten auf das Thema „Datenschutz und institutionelles Datenbewusstsein“ und mit 16 weiteren Punkten auf konkrete „Learning-Analytics-Aktivitäten“ [Scheidig und Holmeier 2021, Tab. 2]. In letzteren wird u. a. betont, dass LA-Aktivitäten konkrete Ziele und Zwecke verfolgen und konkret an diesen orientierte Fragestellungen entworfen werden sollten, um die Datenanalyse zu spezifizieren.

In diesem Kontext lässt sich der Begriff Datenkompetenz (engl. *data literacy*) einführen. In [Kippers u. a. 2018] wird die Datenkompetenz als eine Vorbedingung für die datenbasierte Entscheidungsfindung bezeichnet. Im Rahmen der Analyse von Bildungsdaten wird sie wie folgt als Fähigkeit von Lehrkräften beschrieben (frei übersetzt aus dem Englischen [Kippers u. a. 2018, S. 21 (1)]: „die Fähigkeit von Lehrkräften, ein Ziel zu setzen, Daten zu sammeln, zu analysieren und zu interpretieren sowie Maßnahmen für den Unterricht zu ergreifen“.

Von Niall Sclater wurden im Kontext des *Code of Practice for Learning Analytics* über 80 kritische Fragen veröffentlicht [Slater 2016, 2018]. Diese sollen ebenfalls einen Orientierungsrahmen bieten. Jede Frage wird nach *Logistical*, *Legal* und *Ethical* klassifiziert sowie einer verantwortlichen Rolle (*Senior Management*, *Analytics Committee*, *Data Scientist*, *Educational Researcher*, *IT* und *Student*) zugewiesen. Die Fragen beziehen sich auf

die Themen Eigentümerschaft & Kontrolle, Einverständnis, Transparenz, Datenschutz, Gültigkeit, Zugriffsberechtigungen, Maßnahmen, ungünstige Auswirkungen und Verantwortungsbewusstsein [Sclater 2016, Table 1]

2.3.3 Datenformen und -arten

Strukturierte, semi-strukturierte und unstrukturierte Daten

Grundlegend werden drei Formen betrachtet, in denen Daten vorliegen können: strukturiert, semi-strukturiert und unstrukturiert (vgl. [Sint u. a. 2009]).

Strukturierte Daten weisen ein vordefiniertes Schema auf. Durch dieses Schema werden sowohl die Datentypen als auch die Beziehungen der Daten beschrieben. Die Daten müssen dem definierten Schema exakt folgen. Ein klassisches Beispiel für strukturierte Daten sind relationale Datenbanken. Einer der Vorteile von strukturierten Daten ist, dass die Daten einfach gespeichert, durchsucht und verarbeitet werden können. Außerdem erleichtern die definierten Beziehungen die Navigation durch die Daten, erschweren aber auch nachträgliche Veränderungen (vgl. [Abiteboul u. a. 1999]).

Semi-strukturierte Daten können eine Schemabeschreibung aufweisen, müssen es aber nicht. Es ist also keine separate Beschreibung der Struktur und der Datentypen notwendig. In der Regel beinhalten die Daten selbst das Schema und werden somit auch als „selbst-beschreibend“ bezeichnet [Buneman 1997]. Während es bei strukturierten Daten zwingend notwendig ist, dass das Schema existiert, bevor die Daten abgelegt werden können, kann ein Schema für semi-strukturierten Daten auch aus vorhandenen Dateninstanzen abgeleitet werden. Eine Stärke von semi-strukturierten Daten ist es, Variationen in der Struktur der Daten und somit nachträgliche Veränderungen zuzulassen [Abiteboul u. a. 1999]. Beispiele für semi-strukturierte Daten sind z. B. XML-Dateien¹³ und Daten im JSON-Format¹⁴.

Als **unstrukturierte Daten** werden solche Daten bezeichnet, die keine eindeutige Struktur aufweisen. Dies können z. B. E-Mails, Präsentation, Textdokumente, Bilder und Videos sein. Diese Daten können nicht – im Gegensatz zu strukturierten Daten – in Zeilen und Spalten einer relationalen Datenbank abgelegt werden. Durch unstrukturierte Daten kann zwar keine Navigation vorgenommen werden, einige können jedoch mit einer sogenannten Volltextsuche auf ihre Inhalte hin untersucht werden. Zusätzlich können für sie Metadaten (wie z. B. Autor und Erstellungsdatum) erzeugt und diese in einer relationalen Datenbank gespeichert werden, während die Daten selbst als binäres Objekt hinterlegt werden [Blumberg und Atre 2003].

Datenarten

In [Liebhart 2010] werden die folgenden sieben verschiedene Arten beschrieben, in welche sich Daten einteilen lassen:

- Metadaten: fügen sonstigen Daten zusätzliche Informationen hinzu und beschreiben sie
- Referenzdaten: beschreiben oder kategorisieren generelle Entitäten

¹³https://www.w3schools.com/xml/xml_what_is.asp, besucht am 31.01.2024

¹⁴<https://www.json.org/>, besucht am 31.01.2024

- Unternehmensweite Strukturdaten: repräsentieren Aufbau, Struktur und Zuständigkeiten
- Transaktionsstrukturdaten: beschreiben die grundlegende Struktur von und die Beteiligten an Transaktionen
- Inventardaten: beschreiben vorhandene Werte und deren Quantität, wie z. B. Lagerbestände
- Transaktionsdaten: werden durch operative Systeme erzeugt
- Auditdaten: werden im Kontext von Transaktionen erzeugt, wie z. B. Datenbank- und Weblogs

Events

Mit dem Begriff *Event* wird im Kontext dieser Arbeit keine Zeitspanne (wie z. B. eine Feierlichkeit oder ein Konzert) sondern das Vorkommen einer bestimmten Gegebenheit zu einem genauen Zeitpunkt beschrieben. Eventdaten sind nach dem obigen Verständnis als Transaktionsdaten aufzufassen.

Events können z. B. in Maschinen, Informationssystemen, Krankenhäusern, sozialen Netzwerken und Transportsystemen erfolgen. Als *Event Log* wird eine Sammlung an Eventdaten bezeichnet, die z. B. alle Events einer Kundengruppe oder eines Teams beinhaltet [Aalst 2016].

Um bei der Datenanalyse aus einem *Event Log* z. B. eine zeitliche Abfolge in Form eines Prozesses zu generieren, kann es hilfreich sein, wenn die jeweiligen Eventdaten über einen eindeutigen Zeitstempel verfügen. Dieser gibt an, zu welchem Zeitpunkt ein Event stattgefunden hat [Aalst 2016].

2.3.4 Datenanalysen und Analysefragen

Quantitativ und Qualitativ

Eine sinnvolle erste Klassifizierung von Analysen lässt sich mittels der Unterscheidung in quantitative und qualitative Analysen vollführen. Bei der **quantitativen Analyse** werden messbare, in Zahlen ausdrückbare, Variablen untersucht (wie z. B. der Verlauf von Punkten in wöchentlichen Tests über die Wochen hinweg). Eine **qualitative Analyse** stützt sich auf subjektive Aussagen und Meinungen, die z. B. in Form von Sprache ausgedrückt werden.

Formen der Datenanalyse

Grundlegend werden in der Literatur die vier Formen der Datenanalyse als deskriptiv, diagnostisch, prädiktiv und präskriptiv beschrieben. In [de-Menéndez u. a. 2022] werden diese vier Formen im Kontext von LA erläutert. Die Erläuterung ist in Tabelle 2.2 wiedergegeben.

Tabelle 2.2: Darstellung der vier Formen der Datenanalyse, bezogen auf den *Learning Analytics* Kontext. Die Tabelle ist eine freie Übersetzung aus dem Englischen von [de-Menéndez u. a. 2022, Table 4].

Form	Beschreibung
Deskriptiv (Was ist passiert?)	Die Daten werden untersucht und es werden grundlegende statistische Verfahren eingesetzt. Es können z. B. die relativen Leistungen der Studierenden bewertet werden.
Diagnostisch (Warum ist das passiert?)	Es werden Verfahren wie Daten- und Mustererkennung sowie statistische Korrelation eingesetzt. Es kann z. B. untersucht werden, ob die Lehrstrategie wirksam ist.
Prädiktiv (Was wird passieren?)	Auf der Grundlage von vergangenen Ereignissen wird die nahe Zukunft vorhergesagt. Es kann z. B. ermittelt werden, bei welchen Studierenden der Abschluss gefährdet sein könnte.
Präskriptiv (Wie können wir es realisieren?)	Es werden Werkzeuge für <i>Big-Graph</i> -Analysen, Text- und Data-Mining, Simulationen usw. genutzt

Durch Klassifikation oder *Clustering* können Daten aufgrund ihrer Eigenschaften (engl. *Features*) unterschieden oder zusammengefasst werden. Beim *Data Mining* kommen Algorithmen (vorrangig aus dem maschinellen Lernen) zum Einsatz, um z. B. Beziehungen und Muster in großen Datenmengen von Maschinen aufspüren zu lassen. Um Menschen bei der Interpretation von Datenanalysen zu unterstützen, können visuelle Darstellungen, wie z. B. Diagramme und andere Grafiken eingesetzt werden (s. Seite 30).

Arten von Analysefragen

Der am häufigsten auftretende Fehler bei der Datenanalyse ist es, die Art der Fragestellung falsch einzustufen [Leek und Peng 2015]. Aus diesem Grund haben die Autoren von [Leek und Peng 2015] eine Entscheidungshilfe entwickelt, um zu bestimmen, von welcher Art eine Analysefrage ist. Dazu unterscheiden sie die folgenden sechs Arten:

- deskriptiv (*engl. descriptive*): Fasst Messungen in einem Datensatz zusammen, ohne weitere Interpretationen anzubieten.
- sondierend (*engl. exploratory*): Baut auf einer deskriptiven Datenanalyse auf und sucht nach Trends, Korrelationen oder Beziehungen. Aus den Erkenntnissen werden Ideen oder Hypothesen entwickelt.
- schlussfolgernd (*engl. inferential*): Überprüft, ob ein gefundenes Muster sich auch in anderen als dem untersuchten Datensatz finden lässt.

- vorhersagend (*engl. predictive*): Nutzt einige Eigenschaften, um auf deren Basis auf eine andere Eigenschaft zu schließen (diese vorherzusagen). Dabei ist nicht zwingend nachvollziehbar, warum diese Vorhersage funktioniert.
- ursächlich (*engl. causal*): Überprüft, was mit dem Durchschnitt einer Messung/Eigenschaft passiert, wenn eine andere verändert wird. Dadurch kann die Beziehung zwischen Variablen untersucht werden.
- mechanisch (*engl. mechanistic*): Zeigt, dass bei der Änderung einer Messung/Eigenschaft, sich eine andere immer und exklusiv auf eine bestimmte messbare Weise verändert.

2.3.5 Datenanalyseprozess

Grundlegender Prozess

Ein typisches Datenanalyseprojekt kann in mehrere Phasen eingeteilt werden: Vorbereitung, Vorverarbeitung, Analyse und Nachbearbeitung [Runkler 2016]. In Abbildung 2.1 sind diese Phasen mit ihren typischen, ihnen innewohnenden Aufgaben dargestellt.

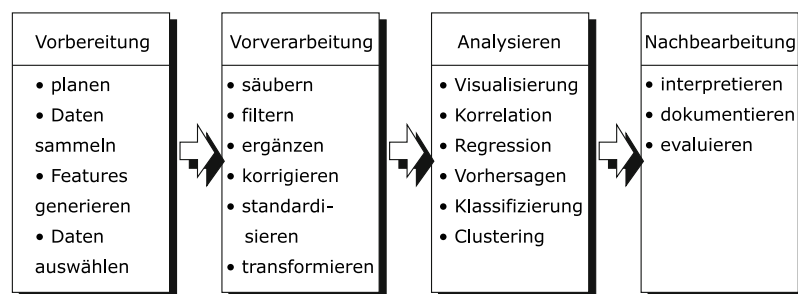


Abbildung 2.1: Phasen eines Datenanalyseprojekts. Adaptiert und übersetzt von [Runkler 2016, Fig. 1.1, S. 3]

In [Peng und Matsui 2017] sind außerdem die fünf Hauptaktivitäten einer Datenanalyse als Zyklus wie folgt beschrieben (frei übersetzt aus dem Englischen [Peng und Matsui 2017, Chapter 2.2]):

1. „Formulierung und Präzisierung der Fragestellung
2. Erforschung der Daten
3. Erstellung formaler statistischer Modelle
4. Interpretation der Ergebnisse
5. Kommunikation der Ergebnisse“

Wenn sich im Rahmen dieses Forschungsprojekts auf den grundlegenden Prozess für die Datenanalyse bezogen wird, dann wird darunter der folgende Prozess verstanden:

1. Formulierung und Präzisierung der Fragestellung
2. Erforschung und Aufzeichnung benötigter Daten
3. Vorverarbeitung der Daten
4. Analysieren der Daten
5. Evaluation und Interpretation der Analysen
6. Kommunikation der Ergebnisse

Auch im LA Kontext existieren Prozessbeschreibungen für die Datenanalyse. Einige von ihnen werden auf Seite 63 beschrieben. Speziell für den LA Kontext entwickelte Vorgehensmodelle werden auf Seite 77 beschrieben.

2.3.6 Datenaufzeichnung

Die Aufzeichnung der Daten, welche zu Analysezwecken herangezogen werden sollen, kann – im Kontext dieses Forschungsprojekts – automatisiert, semi-automatisiert oder manuell erfolgen.

Unter der **automatisierten Aufzeichnung** wird verstanden, dass die Daten durch automatisierte Prozess einer Maschine (wie z. B. das Überprüfen auf neue Updates) oder durch die Interaktionen von Personen mit der Maschine aufgezeichnet werden, ohne dass diese über ihre sonstigen Handlungen hinaus Aktionen ausführen, die zur Aufzeichnung führen (wie z. B. der Zugriff auf eine Webseite, der im Log des Webserver erscheint).

Zur **manuellen Aufzeichnung** können zwar Maschinen eingesetzt werden, die Daten, welche später analysiert werden sollen, werden jedoch explizit von Personen eingegeben. Das kann z. B. die Eingabe der absolvierten Arbeitszeit in Stunden oder das Ausfüllen eines elektronischen Fragebogens sein.

Die **semi-automatisierte Aufzeichnung** beschreibt die Situation, in der Personen zwar Aktionen ausführen müssen, um bestimmte Daten zur Verfügung zu stellen, jedoch nicht explizit die Daten eingeben müssen, die analysiert werden sollen. Im Fall der Eingabe der Arbeitszeit könnte dies z. B. durch eine elektronische, in die Softwareanwendung integrierte, Stoppuhr erfolgen. Die Person muss diese Stoppuhr zwar starten und stoppen, jedoch nicht explizit die Stunden eingeben.

Die manuelle und die semi-automatisierte Aufzeichnung können von einer automatisierten Aufzeichnung begleitet werden. Beim Beispiel der Arbeitszeitbuchung, könnten in beiden Fällen weitere Daten (automatisiert) aufgezeichnet werden, wie z. B. welche Person die Daten zu welchem Zeitpunkt bereitgestellt hat.

2.3.7 Datenintegration und -transformation

Data Warehouse (DWH)

Operationale Datenbanken sind für den Anwendungsfall optimiert, für welchen sie entworfen wurden. Für Datenanalysen bedarf es häufig einer anderen Struktur (Schema), standardisierten Werten oder sonstiger Bereinigung sowie Aggregation der Daten. Aus diesem Grund wird zur Unterstützung einer effizienten Datenanalyse ein sogenanntes *Data Warehouse* aufgebaut. Durch diese Vorbereitung müssen die zu analysierenden Daten bei der Datenanalyse nicht bei der Abfrage der Daten aggregiert und transformiert werden, sondern werden bereits zuvor entsprechend aufbereitet. Ein DWH bietet eine multi-dimensionale Sicht auf die operativen Daten und i. d. R. verfügt es über Fähigkeiten die Dimensionen hinsichtlich verschiedener Detailebenen zu betrachten und zu filtern. Eine Dimension nach unten hin aufzuboahren wird als *drill-down* bezeichnet. Die Daten entlang einer Dimension zu vergrößern, wird *roll-up* genannt [Taniar und Rahayu 2022].

Datenmodelle

Eine solche Darstellung von Daten in Form von Dimensionen wird auch als *OLAP-Cube* bezeichnet, auf welchem die oben genannten Operationen (auch *OLAP-Operationen* genannt) durchgeführt werden [Sakr und Zomaya 2019]. Um dies zu veranschaulichen, ist ein gängiges Beispiel, die Einnahmen verkaufter Produkte zu betrachten – wie auch in [Taniar und Rahayu 2022] gewählt und hier adaptiert. Die Einnahmen werden dazu unter den folgenden drei Dimensionen betrachtet: Produkt, Zeit und Ort. Die Einnahmen sind summierte Daten oder Fakten, welche von jeder dieser drei Dimensionen aus betrachtet werden kann. So ist es z. B. möglich, die Einnahmen durch den Verkauf eines konkreten Produkts in einem bestimmten Zeitraum in einer speziellen Region zu betrachten.

Für die relationale Datenmodellierung werden normalerweise sogenannte Stern- bzw. Schneeflockenschemata verwendet [Chaudhuri und Dayal 1997]. Ein Sternschema besteht aus einer Faktentabelle und beliebigen Dimensionstabellen. In dem obigen Beispiel wäre der Fakt die Einnahme und die Dimensionen würden die Informationen über die Produkte, Zeiten und Orte beinhalten. In Abbildung 2.2 ist ein solches Sternschema dargestellt. Ein Schneeflockenschema unterscheidet sich von einem Sternschema darin, dass die Dimensionen selbst Sterne sein können.

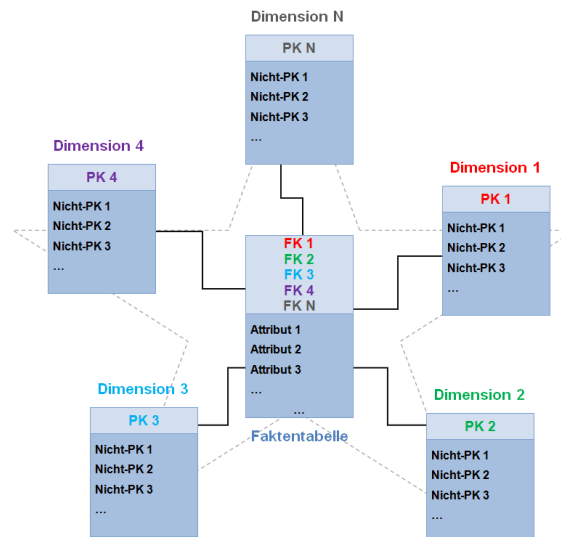


Abbildung 2.2: Darstellung eines Sternschemas. [By Dhw dbi - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6969631>]

ETL und ELT

Zur Analyse ausgewählte Daten entsprechend zu integrieren und zu transformieren ist Teil des sogenannten *ETL-Prozesses* (*Extract, Transform, Load*). Zur Unterstützung können für diese Prozesse spezielle Softwarewerkzeuge eingesetzt werden [Runkler 2016].

Die Extraktion bezeichnet den Vorgang, die Daten aus den Quellen zu extrahieren. Während der Transformation werden die Daten integriert und in das gewählte Schema gebracht. Anschließend werden die Daten während des Ladens in das DWH übertragen. Ein solcher Prozess kann neben der Extraktion, der Transformation und dem Laden außerdem die

Bereinigung (siehe unten), das Filtern, die Aggregation etc. von Daten beinhalten [Taniar und Rahayu 2022].

Die Alternative zum ETL-Prozess ist ein ELT-Prozess [Haryono u. a. 2020]. Bei diesem Prozess sind die Transformations- und Ladenphase vertauscht. Das Laden findet also vor der Transformation statt. Somit werden die rohen Daten aus den unterschiedlichen Quellen in das DWH geladen. Anschließend werden die Fähigkeiten eines relationalen Datenbankmanagementsystems ausgenutzt, indem die Transformation und sonstige vorverarbeitende Logik, z. B. mittels nativer SQL-Befehle, realisiert werden [Haryono u. a. 2020]. Auf diese Weise können spezialisierte Sichten auf die Daten (engl. *Views*) bereitgestellt werden, welche die Daten in der Form präsentieren, wie sie für einzelne Analysen benötigt werden.

Die Vor- und Nachteile der beiden vorgestellten Prozesse werden in Abschnitt 10.4.7 näher erläutert. Ein ausführlicher Vergleich wird in den Arbeiten [Haryono u. a. 2020; Ranjan 2009] geboten.

Datenbereinigung

Zusätzlich zur Datentransformation und -integration können die Daten im Rahmen eines ETL- oder ELT-Prozesses auch bereinigt werden. Im Kontext dieses Forschungsprojekts zählen dazu zum einen Aktivitäten der Bereinigung, wie z. B. Fehlerbehandlung und Filtern (vgl. [Runkler 2016, Chapter 3.1–3.3]). Typische Fehler und deren mögliche Behandlung sind z. B. in [Runkler 2016, Chapter 3.1, 3.2] beschrieben. Zum anderen kommen Aktivitäten der Einhaltung von ethischen Rahmenbedingungen, Datenschutz und Persönlichkeitsrechten hinzu. Zu diesen zählen z. B. die *Pseudonymisierung* und *Anonymisierung* (s. Abschnitt 2.3.2).

Die Bereinigung der Daten vor dem Hintergrund der Einhaltung von ethischen Rahmenbedingungen, Datenschutz und Persönlichkeitsrechten setzt eine adäquate Risikoanalyse voraus, in der potenzielle Risiken in den Daten identifiziert werden. In diesem Zuge sollte u. a. eingestuft und festgelegt werden, ob die Daten überhaupt für die Analyse benötigt werden, wie hoch das Risiko einzustufen ist und welche Maßnahmen ergriffen werden könnten, um das Risiko zu minimieren.

2.3.8 Ausgewählte Disziplinen der Datenanalysen

Zuvor wurden bereits einige Ansätze für Datenanalysen erwähnt, wie z. B. LA, EDM (s. Abschnitt 2.1.3) und *Data Science* (s. Abschnitt 2.3.1). Die beiden zentralen Disziplinen in diesem Forschungsprojekt sind *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM). Im Folgenden wird das Verständnis dieser beiden Disziplinen im Kontext dieser Arbeit sowie die verwendeten Darstellungsformen bzw. Visualisierungen erläutert.

Business Intelligence (BI)

Zum ersten Mal wurde der Begriff *Business Intelligence* (BI) im Jahr 1958 von H. P. Luhn [Luhn 1958] genannt. Seitdem ist der Begriff in unterschiedlichen Varianten definiert worden [Vizgaitytė und Skyrius 2012]. BI wird z. B. als Oberbegriff für unterschiedliche Informationstechnologien und Werkzeuge verwendet, welche durch die Gewinnung von Informationen aus Daten unterstützend zur Entscheidungsfindung eingesetzt werden können (vgl. [Baars und Kemper 2021; Vizgaitytė und Skyrius 2012]). In einem Positionspapier

der Fachgruppe *Business Intelligence* und Analytics der Gesellschaft für Informatik [Baars u. a. 2011], werden geläufige BI-Definitionen wie folgt zusammengefasst:

1. „BI als spezielle Klasse von IT-Systemen (systemorientiertes BI-Verständnis),
2. BI als Sammelbegriff für Technologien und Konzepte zur Entscheidungsunterstützung,
3. BI als Prozess zur Überführung von Daten in entscheidungsrelevante Informationen,
4. BI als integrierter unternehmerischer Gesamtansatz zur IT-basierten Entscheidungsunterstützung.“ [Baars und Kemper 2021, S. 2]

Wenn in dieser Arbeit der BI Begriff verwendet wird, dann entspricht dieser – wenn nicht explizit genannt – am ehesten dem dritten obigen Punkt. Jedoch wird hier eine weitere Einschränkung vorgenommen. BI bezeichnet in dieser Arbeit die Analyse und Visualisierung von vorverarbeiteten Daten und schließt nicht z. B. die Datenaufzeichnung, -extraktion, -bereinigung und -bereitstellung mit ein. Zwar werden all diese Tätigkeiten im Rahmen dieser Arbeit vollzogen, jedoch sind sie losgelöst von dem BI Einsatz zu betrachten.

Im Kontext dieses Forschungsprojekts werden vorrangig die Daten filternden und visualisierenden Fähigkeiten von BI eingesetzt, indem speziell ausgewählte und aggregierte Daten in Tabellen und Diagrammen dargestellt werden. Die in dieser Arbeit im BI Kontext genutzten Visualisierungen sind Säulendiagramme, gruppierte Säulendiagramme, gestapelte Säulendiagramme, Kacheldiagramme, Messgerätediagramme und Liniendiagramme (u. a. gepaart mit einer Tabelle, s. Abbildung 16.15). Zwar wurden im Rahmen des Forschungsprojekts weitere Diagrammtypen eingesetzt, da diese in dieser Arbeit jedoch nicht abgebildet sind, wird ihre Nennung und Erläuterung hier vernachlässigt.

Säulendiagramm (s. Abbildung 16.8) Ein Säulendiagramm dient dem visuellen Vergleich von Werten. Es verfügt über eine x- und eine y-Achse. Auf der x-Achse werden Kategorien aufgeführt. Für jede Kategorie wird eine Säule dargestellt, welche in der Höhe einem Wert auf der y-Achse entspricht. In der Regel berühren sich die Säulen nicht.

Gruppiertes Säulendiagramm (s. Abbildung 16.1) Ein gruppiertes Säulendiagramm ermöglicht es, mehrere Variablen einer Kategorie nebeneinander darzustellen. Für jede Kategorie existieren also mehrere Säulen.

Gestapeltes Säulendiagramm (s. Abbildung 16.2) Ein gestapeltes Säulendiagramm ermöglicht es, für eine Kategorie den gesamten Wert sowie den Anteil zweier oder mehrerer Variablen zu visualisieren. Dazu wird die Säule in Bereiche (Variablen) eingeteilt und diese in unterschiedlichen Farben oder Mustern dargestellt.

Liniendiagramme (s. Abbildung 16.13) Auch ein Liniendiagramm verfügt über eine x- und eine y-Achse. Im Gegensatz zu einem Säulendiagramm, wird der Wert einer Kategorie bzw. Variable jedoch als Punkt angegeben. Die Punkte einer Kategorie bzw. Variable werden durch eine Linie verbunden. Für jede Kategorie lassen sich mittels mehrerer Linien die Werte für mehrere Variablen darstellen. In einem Liniendiagramm lässt sich z. B. besser als in einem Säulendiagramm der Verlauf oder die Veränderung von Werten darstellen.

Kacheldiagramm (s. Abbildung 16.7 oben) Ein Kacheldiagramm kann zur Visualisierung von Hierarchien oder Größenverhältnissen genutzt werden. Dabei werden die Rechtecke in immer kleiner werdende, geschachtelte Rechtecke aufgeteilt. Die Größe eines Rechtecks gibt den Anteil der dargestellten Kategorie an. Die Größe der Rechtecke nimmt i. d. R. von links oben nach rechts unten hin ab. So lässt sich auch bei visuell gleichgroß wirkenden Flächen ein Vergleich anstellen.

Messgerätediagramm (s. Abbildung 16.9 links) Das Messgerätediagramm wird auch als Tachometerdiagramm bezeichnet und auf diese Weise ist es auch zu lesen. Es besteht aus einem Kreisbogen. Sein Beginn kennzeichnet den minimalen und sein Ende den maximalen Wert. Außerdem kann ein Zielwert eingezeichnet werden. Der zu visualisierende Wert wird als Ausschlag auf diesem Kreisbogen angezeigt.

Process Mining (PM)

Die grundlegende Idee von PM ist es, reale Prozesse zu entdecken, zu überwachen und zu überarbeiten, indem das Wissen über die Prozesse aus Event Logs extrahiert wird [Aalst 2016]. Erste Ansätze zur Generierung solcher Sequenzen wurden in [Agrawal u. a. 1998; Srikant und Agrawal 1996] präsentiert.

PM wird in drei grundlegende Arten eingeteilt: *discovery* (dt. Entdeckung), *conformance* (dt. Konformität) und *enhancement* (dt. Verbesserung). Bei der **Entdeckung** werden aus Event Logs Prozessmodelle generiert. Dies kann z. B. durch die Ordnung der zeitlichen Abfolge der einzelnen Daten in einem Event Log erfolgen (vgl. Zeitstempel Seite 25). Das Ziel der **Konformität** ist es, generierte Prozesse mit vorgegebenen Prozessen abzugleichen und ggf. die Abweichungen zu identifizieren. Abweichungen von realen Prozessen zu vorgegebenen Prozessen müssen nicht immer eine Verletzung von z. B. Regularien bedeuten, sondern können auch neue (z. B. schnellere, praktischere, sicherere) Wege aufzeigen. Diese Erkenntnisse können zur **Verbesserung** bestehender Abläufe genutzt werden (vgl. [Aalst 2016]).

Ein gewonnener Prozess kann eine Komposition mehrerer Durchläufe des gleichen Prozesses bzw. Workflows sein. Die einzelnen Durchläufe/Fälle werden als *Case* bezeichnet und können identisch sein oder voneinander abweichen, also in unterschiedlichen Varianten (engl. *Variants*) auftreten. In der kontrollflussorientierten Perspektive, werden so alle möglichen Pfade in einem Prozess dargestellt. Neben dieser lassen sich eine organisationale, eine fallbezogene und zeitliche Perspektive einnehmen und visualisieren [Aalst 2016].

Die Prozesse lassen sich z. B. als einfaches Transitionssystem¹⁵ oder als Petrinetz¹⁶ (spezialisiert als Workflownetz¹⁷) darstellen und mittels BPMN 2.0¹⁸ modellieren und visualisieren. Darüber hinaus existieren weitere Formalismen und Notationen solche Prozesse darzustellen (vgl. [Aalst 2016]), die in dieser Arbeit jedoch keine Anwendung finden. Die oben genannten Darstellungsformen werden in Abschnitt 2.4.2 beschrieben.

Eine Besonderheit stellt die organisationale Perspektive dar. Sie betrachtet die agierenden Einheiten (sogenannte *Resources*), welche die modellierten Tätigkeiten ausführen und

¹⁵s. Seite 37

¹⁶s. Seite 38

¹⁷s. Seite 39

¹⁸s. Seite 39

die Events auslösen. Die Prozessdarstellung kann z. B. durch die agierenden Einheiten angereichert werden oder die Abfolge der Tätigkeiten wird nicht länger explizit, sondern implizit, als ein soziales Netzwerk dargestellt. In einem solchen Graphen bilden die agierenden Einheiten die Knoten, welche in der gegebenen Reihenfolge oder nach dem Vorkommen ihrer aufeinanderfolgenden Aktivitäten mit ungerichteten Kanten oder Pfeilen verbunden werden (s. Abbildung 16.4b und Abbildung 16.5) [Aalst 2016].

2.4 Techniken und Konzepte

Neben den bisher vorgestellten Bereichen kommen in dieser Arbeit weitere Techniken und Konzepte zum Einsatz. Die Themenkomplexe erstrecken sich über Agenten, Prozesse und Modellierungstechniken.

2.4.1 Agenten

In diesem Abschnitt wird das Konzept der Agenten im Kontext der Informatik beschrieben und wie die Begriffe *Agent* und *Rolle* in diesem Forschungsprojekt verwendet werden. Außerdem wird erläutert, was unter dem Begriff *Multiagentensystem* zu verstehen ist und welche Eigenschaft ein solches System besitzt. Zusätzlich werden die beiden in dieser Arbeit zentralen Agentenparadigmen MULAN und BDI¹⁹-Agenten beschrieben.

(Software-)Agenten

„Das Agentenkonzept wurde durch unterschiedliche Bereiche geprägt und stammt ursprünglich aus der (verteilten) künstlichen Intelligenz. Daraus resultiert, dass einem Agenten – je nach Kontext – unterschiedliche Eigenschaften zugesprochen werden und bisher keine standardisierte Definition existiert [Weiss und Jakob 2004]. Gerhard Weiss u. a. schreiben in ihrem Buch ‚Agentenorientierte Softwareentwicklung: Methoden und Tools‘ [Weiss und Jakob 2004], dass in den letzten Jahren in der Literatur eine einheitliche [sic] schwache Charakterisierung akzeptiert wurde. Diese stammt ursprünglich aus der Veröffentlichung ‚Intelligent Agents: Theory and Practice‘ von Michael Wooldridge und Nicholas R. Jennings [Wooldridge und Jennings 1995]:

„Ein Agent ist eine abgrenzbare (Software/Hardware-)Einheit, die in der Lage ist, die ihr vorgegebenen Aufgaben flexibel, interaktiv und autonom zu verfolgen.“

— [Weiss und Jakob 2004]

Diese schwache Charakterisierung nennt drei Hauptmerkmale, die im Folgenden erläutert werden (vgl. [Weiss und Jakob 2004]):

- *Flexibilität.* Der Agent ist in der Lage, reaktiv und proaktiv zu handeln. Mit reaktiv ist gemeint, dass der Agent in angemessener Zeit auf Veränderungen der Umwelt reagiert. Dazu gehören auch die sich verändernden Anforderungen, welche die Umwelt an den Agenten stellt. Die Fähigkeit zur proaktiven Handlung beschreibt, dass der

¹⁹ *belief, desire, intention*

Agent planend – auf Grund seiner Ziele – Aktionen ausführt, in denen er mit seiner Umwelt interagiert oder diese verändert. Die Eigenschaft Flexibilität setzt sich aus diesen beiden Fähigkeiten zusammen und beschreibt somit die Fähigkeit, auf unerwartete Ereignisse reagieren und plan- und zielorientiert handeln zu können.

- *Interaktivität.* Ein Agent kann mit seiner Umwelt interagieren. Die Umwelt besteht dabei aus menschlichen Akteuren und aus anderen Software-Agenten. Die Interaktion beinhaltet Kommunikation zum Wissensaustausch und zur Koordination von untereinander abhängigen Aktivitäten. Dabei kann das Ergebnis einer Koordination sowohl eine Kooperation als auch eine Kompetition sein. Die Agenten können durch diese Interaktionen also beschließen, zusammen einen Plan zu verfolgen, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen oder verschiedene Pläne zu verfolgen, wenn die Ziele sich teilweise oder vollständig ausschließen.
- *Autonomie.* Der Agent ist dazu befähigt, eigenständig und ohne Rücksprache oder Abstimmung mit seiner Umwelt Entscheidungen zu treffen. Dadurch kann er entscheiden, welche Handlungen er ausführt. Ihm wird also eine gewisse Entscheidungsbefugnis und Handlungsfreiheit zugesprochen. Die Kontrolle durch seine Umwelt wird nur bis zu einem gewissen Grad ausgeübt. In einigen Fällen, wenn der Agent zum Beispiel als Ressource oder als Werkzeug in seiner Umwelt konstruiert ist, ist die Eigenschaft Autonomie nur geringfügig wünschenswert [Markwardt 2013].

In der Veröffentlichung von Wooldridge und Jennings [Wooldridge und Jennings 1995] wird außerdem noch eine starke Charakterisierung für Agenten gegeben. Diese erweitert die schwache Charakterisierung um Eigenschaften wie Mobilität, Aufrichtigkeit, Wohlverhalten und Rationalität.²⁰

In dieser Arbeit werden den Agenten zusätzlich zur schwachen und starken Charakterisierung die Eigenschaften Selbstorganisation und Lernfähigkeit (vgl. [Alonso u. a. 2001]) zugesprochen. Außerdem werden nicht nur Software- und Hardware-Einheiten als Agenten betrachtet und modelliert, sondern auch Personen.

Im Sinne dieser Arbeit wird ein Agent bzw. eine *Agentenspezifikation* aus einzelnen *Rollen* aggregiert (vgl. [Cabac 2010; Rölke 2004], s. Abbildung 5.2)). Die Agentenspezifikation ist das Konzept, welches von einer agierenden Entität – dem Agenten – ausgelebt wird (wie Klasse und Objekt in der objektorientierten Softwareentwicklung). Jeder Rolle können z. B. unterschiedliche Ziele, Fähigkeiten und unterschiedliches Wissen zur Verfügung stehen. Die Aggregation der Ausprägungen bilden die Agentenspezifikation. Wie stark die Rollen im Rahmen eines Kontextes von einem menschlichen Agenten ausgelebt werden, kann z. B. von dem persönlichen Interesse, dem Engagement, der Tagesform, der aktuellen Situation, der zur Verfügung stehenden Zeit oder den Verantwortlichkeiten abhängen.

„Ein weit verbreiteter Ansatz ist das Design von Agenten nach dem BDI-Paradigma ([Bratman 1989; Rao und Georgeff 1991]), bei dem das Wissen (engl. *beliefs*), die Wünsche (engl. *desires*) sowie die Absichten (engl. *intentions*) eines Agenten spezifiziert werden und die dann zur Wahl der Aktivitäten herangezogen werden.“²¹ [Köhler-Bußmeier 2009, S. 58]

²⁰Übernommen aus der Masterarbeit des Autors dieser Arbeit [Schmitz 2016, S. 53, 54]. Die Quellenbezeichnungen wurden angepasst.

²¹Die Quellenbezeichnungen wurden angepasst.

Multiagentensysteme (MAS)

„Ein System, in dem mehrere Agenten miteinander interagieren und kommunizieren, wird als Multiagentensystem bezeichnet. Der Hauptaspekt liegt dabei auf der Kommunikation der Agenten. Dadurch erhalten die Agenten die Möglichkeit, miteinander zu kooperieren und auf diese Weise – je nach Intention der einzelnen Agenten –, gemeinsame Ziele zu verfolgen.

Nicholas R. Jennings u. a. benennen in ihrer Veröffentlichung ‚A Roadmap of Agent Research and Development‘ [Jennings u. a. 1998] nur die vier folgenden Punkte als Hauptaspekte eines MAS:

- Jeder Agent besitzt eine eingeschränkte Sichtweise, da ihm nur unvollständige Informationen und/oder Fähigkeiten zur Lösung eines Problems zur Verfügung stehen.
- Das System unterliegt keiner globalen Steuerung.
- Die Daten werden dezentralisiert gehalten.
- Die Berechnungen im System erfolgen asynchron.

Weiter lässt sich hinzufügen, dass ein Multiagentensystem aus einer oder mehrerer [sic] Agentenplattformen bestehen kann. Diese Agentenplattformen stellen den Agenten meistens grundlegende Dienste zur Verfügung. So wird von Huhns und Stephens in ihrer Veröffentlichung ‚Multiagent Systems and Societies of Agents‘ [Huhns und Stephens 1999] gefordert, dass ein Multiagentensystem mindestens die notwendige Infrastruktur für die Kommunikation und die Interaktion der Agenten zur Verfügung stellen sollte – zum Beispiel realisiert durch eine Agentenplattform, die diese Dienste anbietet.“²²

In dieser Arbeit werden nicht nur softwaretechnische Systeme, sondern auch menschliche Systeme und Mischformen als MAS betrachtet (wie z. B. in Kapitel 5).

MULAN

Der zentrale Ansatz für die Modellierung von Agenten und MAS im Kontext dieses Forschungsprojekts ist MULAN. „**MULAN** steht für *Multi-Agent Nets* (dt. Multiagentennetze) und wurde von Heiko Rölke im Rahmen seiner Dissertation ‚Modellierung von Agenten und Multiagentensystemen: Grundlagen und Anwendungen‘ [Rölke 2004] eingeführt und wird als Referenzarchitektur bezeichnet. Eine ausführliche Beschreibung und [...] Weiterentwicklung lässt sich z. B. in der Dissertation von Lawrence Cabac ‚Modeling Petri Net-Based Multi-Agent Applications‘ [Cabac 2010, Abschnitt 4.3] finden. An dieser Stelle soll lediglich auf die MULAN-Architektur und den MULAN-Agenten eingegangen werden

Die Architektur ist „im Geiste der FIPA-Spezifikation^[23] entworfen worden“ [Rölke 2004, S. V] und in Abbildung 2.3 zu sehen. „Diese Architektur besteht aus den folgenden vier geschachtelten Ebenen: (1) Infrastruktur, (2) Agentenplattform, (3) Agent und (4) Protokoll. Die *Infrastruktur* bietet die Möglichkeit der Kommunikation zwischen Agentenplattformen. Die *Agentenplattformen* beherbergen Agenten und stellen die Funktionalität für die interne Kommunikation zwischen diesen bereit [...]. Die *Agenten* sind

²²Übernommen aus der Masterarbeit des Autors dieser Arbeit [Schmitz 2016, S. 54, 55]. Die Quellenbezeichnungen wurden angepasst.

²³FIPA-Spezifikationen: <http://www.fipa.org/specs/fipa00023/>, besucht am 31.01.2024

die autonomen Akteure in diesem System und können Nachrichten empfangen, versenden und Entscheidungen treffen. Die *Protokolle* legen fest, wie die Agenten miteinander kommunizieren.“ [Schmitz 2016, S. 61]

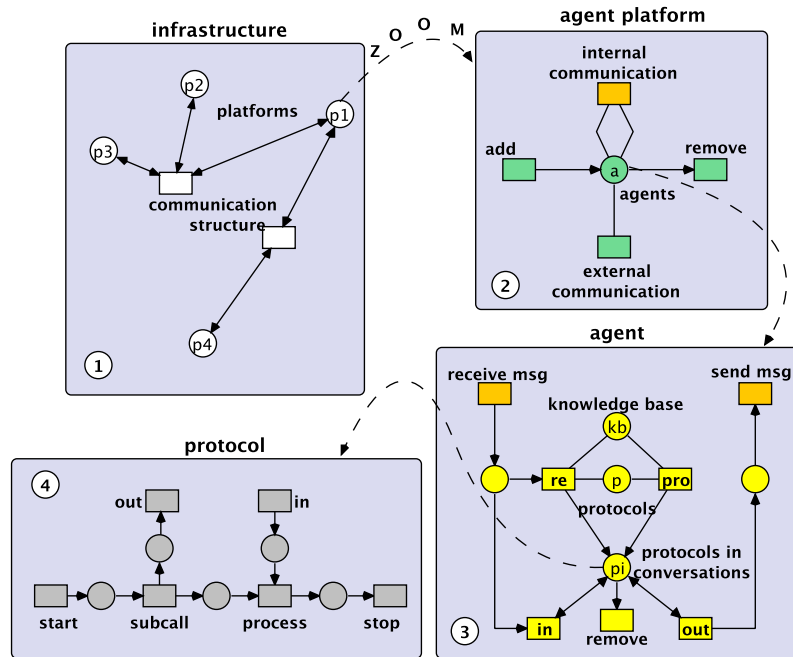


Abbildung 2.3: Die MULAN-Architektur (entnommen aus [Rölke 2004, S. 157])

Der MULAN-Agent ist in Abbildung 2.3 in der Ebene drei vereinfacht dargestellt. Er verfügt sowohl über eine reaktive („re“) als auch über eine proaktive („pro“) Schnittstelle. Durch diese kann der Agent entweder mit passenden Protokollen („p“) auf eintreffende Nachrichten reagieren oder durch die Auswahl von Protokollen Kommunikationen mit anderen Agenten starten. Das Wissen des Agenten wird in der sogenannten Wissensbasis (engl. *Knowledge Base*) hinterlegt, die eine Art nicht-persistente Datenbank repräsentiert. Mit Hilfe dieser entscheidet der Agent z. B., ob er auf eine eintreffende Nachricht reagiert. Reagiert der Agent auf eine Nachricht, so entscheidet er, welche Ausprägung seine Reaktion hat und welches das passende Protokoll für die Antwort ist. Ein [sic] in der Abbildung 2.3 nicht dargestellte, jedoch mittlerweile kontinuierlich verwendete Komponente, ist die Entscheidungskomponente (engl. *Decision Component*, DC). Diese stellt interne Agentenprozesse dar und verarbeitet z. B. eintreffende Nachrichten. Eine ausführliche Beschreibung des MULAN-Agenten ist in [Cabac 2010, Abschnitt 4.3.1] zu finden.“ [Schmitz 2016, S. 61, 62]²⁴

Durch die Protokolle wird also das mögliche externe Verhalten der Agenten vorgegeben, was wiederum bestimmt, welche Interaktionen einem MULAN-Agenten mit seiner Umwelt möglich sind. Die Protokolle beschreiben somit die möglichen Choreographien der Agenten bzw. der Rollen, die von Agenten eingenommen werden können. Hervorzuheben ist, dass z. B. im Zuge eines Lernfortschritts eines Agenten, seine Interna (Wissen, Entscheidungskomponenten und Protokolle) verändert oder ausgetauscht werden können.

²⁴Übernommen aus der Masterarbeit des Autors dieser Arbeit [Schmitz 2016]. Die Quellenbezeichnungen wurden angepasst.

Unter CAPA (*Concurrent Agent Platform Architecture*) [Duvigneau 2002] wird eine partielle Neuimplementierung der bis dato eingesetzten MULAN-Agentenplattform verstanden. Aus diesem Grund wird auch vom MULAN/CAPA-Rahmenwerk gesprochen, mittels dessen MAS entwickelt und implementiert werden können (vgl. [Cabac 2010]).

In [Denz 2014] wurde das MULAN/CAPA-Rahmenwerk erweitert, um die Erfassung von Ereignissen in einem simulierten MULAN-MAS zu ermöglichen. Diese Ereignisse können mittels PM ausgewertet werden und dienen der Analyse und Validierung solch simulierter MAS.

Die Perspektive, welche bei der Entwicklung von MAS mittels MULAN/CAPA eingenommen wird, beinhaltet die Betrachtung von Systemen-in-Systemen. Die in [Feiler u. a. 2006] beschriebenen *Ultra Large Scale (ULS) Systems* wurden (neben [Scott 2003, 2007]) im Kontext von MULAN in [Wester-Ebbinghaus 2010] zur Beschreibung von organisationalen Strukturen und Einheiten aufgegriffen. Die *ULS Systems* ermöglichen die beliebige Schachtelung von Systemen-in-Systemen. Mittels dieser Perspektive werden in MULAN die Beziehungen der in Relation zueinander gesetzten Entitäten beschrieben. Das heißt, dass die betrachtete Granularität eines Systems von der Betrachtungsebene abhängt. Demnach kann z. B. die Agentenplattform ebenfalls ein Agent sein, welcher weitere Agenten beinhaltet und für diese u. a. Schnittstellen für Kommunikationsmechanismen bereitstellt. Diese Betrachtung führt an dieser Stelle zu weit, wird in Abschnitt 10.1 jedoch aufgegriffen und an einem Beispiel weiterführend erläutert.

2.4.2 Prozesse

Neben den Agenten sind die Prozesse bzw. eine prozessorientierte Betrachtungs- und Arbeitsweise ein weiteres zentrales Konzept dieses Forschungsprojekts. Zum einen werden – wie zuvor erwähnt – die Ergebnisse des PM i. d. R. als Prozesse dargestellt und zum anderen, soll PM auf Bildungsdaten angewendet, also reale Prozesse untersucht werden. Auch bei der Entwicklung der Inhalte dieser Arbeit werden Prozesse implizit als *Denkzeug* eingesetzt, mittels dessen in Form von Petrinetzen z. B. eine abstrakte Situation kurz und exakt dargestellt werden kann (vgl. [Moldt 2005]). Explizit manifestieren sie sich als Beiträge dieses Forschungsprojekts (s. z. B. Seite 220 ff. und Seite 235 ff.).

In diesem Abschnitt werden vorrangig Techniken für die Prozessdarstellung (also Prozessmodelle) und spezialisierte Konzepte erläutert, die in dieser Arbeit zum Einsatz kommen.

Transitionssysteme

Die grundlegendste Form, um Prozessmodelle zu notieren und darzustellen, wird Transitionssystem (engl. *transition system*) genannt. Ein solches besteht aus Zuständen (engl. *states*) und Übergängen (engl. *transitions*). Ein Status wird als Punkt und eine Transition als Pfeil, welcher zwei Punkte miteinander verbindet, dargestellt. Das Vorhandensein einer Transition – also einer Verbindung zwischen zwei Punkten – zeigt an, dass von dem ausgehenden Zustand der nachfolgende Zustand erreicht werden kann. Ein Transitionssystem besitzt genau einen Anfangszustand und einen Endzustand. Ausgehend vom Anfangszustand, kann das mögliche Verhalten eines Systems beschrieben bzw. nachvollzogen werden [Aalst 2016].

Eine formale Definition von Transitionssystemen wird z. B. in [Aalst 2016, Definition 3.1] gegeben.

Petrinetze

„Die Grundlage für die Petrinetze wurde im Jahr 1962 in der Dissertation von Carl Adam Petri [Petri 1962] gelegt. Es ist ein Formalismus, der dazu dient, nebenläufige Prozesse zu beschreiben. Diese Technik zeichnet sich besonders dadurch aus, dass sie es vermag, ein sowohl anschauliches als auch verifizierbares Modell eines Systems zu repräsentieren.“²⁵ Laut [Aalst 2016] sind Petrinetze die älteste und am besten untersuchte Prozessmodellierungssprache, die Modellierung von Nebenläufigkeit ermöglicht.

Konzepte und Funktionsweise Ein Petrinetz setzt sich aus drei Konzepten zusammen: Plätzen, Transitionen und gerichteten Kanten. Eine Kante verbindet jeweils einen Platz mit einer Transition oder eine Transition mit einem Platz. Die Plätze stellen in einem Petrinetz die passiven und die Transitionen die aktiven Komponenten dar. Ein Platz wird visuell als Kreis und eine Transition als Rechteck dargestellt.

Hinzu kommen die Marken, welche auf Plätzen liegen und von Transitionen verarbeitet werden. Die Markierung – also der Zustand – eines Petrinetzes wird durch die markierten Plätze angegeben. Eine Transition gilt als *aktiviert*, wenn alle ihre eingehenden Plätze mindestens eine Marke aufweisen. In diesem Fall kann die Transition *schalten*. Dabei konsumiert sie alle Marken der Plätze, die vor ihr liegen, und erzeugt Marken auf allen Plätzen, die nach ihr liegen.

Eine formale Definition von Petrinetzen ist z. B. in [Aalst 2016, Section 3.2.2] zu finden.

Vereinfachte Darstellung In der Regel verfügt eine Kante über eine Pfeilspitze an einem Ende, durch welchen die Richtung angezeigt wird. Zur vereinfachten visuellen Darstellung können zwei Kanten zusammengefasst werden, wenn ein Platz sowohl vor als auch hinter einer Transition liegt. In diesem Fall wird die Kante mit einer Pfeilspitze an jedem Ende dargestellt (s. Abbildung 10.4 unten).

Testkante In dieser Arbeit wird außerdem eine spezielle Erweiterung der Petrinetze namens *Testkante* (s. [Søren Christensen und Hansen 1993] sowie [Cabac 2010, Section 3.2.5]) verwendet. Im Gegensatz zu einer gerichteten Kante verfügt diese in der visuellen Darstellung über keinen Pfeil, welcher die Richtung anzeigt (s. Abbildung 10.4 oben). Die Besonderheit der Testkante ist, dass sie während des Schaltvorgangs einer Transition die Marke nicht konsumiert. Das bedeutet, dass die selbe Marke von einer anderen oder der selben Transition nebenläufig genutzt (gelesen) werden kann.

Referenznetze Der Referenznetz-Formalismus wurden von Olaf Kummer definiert [Kummer 2002]. Dies sind objektorientierte Petrinetze höherer Ordnung, welche den Ansatz von Rüdiger Valk integrieren, nicht nur Marken, sondern auch Netze in Netzen zu modellieren bzw. zu benutzen [Valk 1998]. Sie bedienen sich außerdem der in [Søren Christensen und Hansen 1992] vorgeschlagenen synchronen Kanäle. Diese ermöglichen die Kommunikation

²⁵Übernommen aus der Masterarbeit des Autors dieser Arbeit [Schmitz 2016, S. 12]. Die Quelle für die genannte Dissertation wurde hinzugefügt.

zwischen Transitionen und können u. a. dazu eingesetzt werden, Objekte bzw. Netze zwischen Netzen auszutauschen. Durch dieses Konzept kann ein Netz, das weitere Netze in sich trägt und somit Referenzen auf diese hat, über genau definierte Schnittstellen (die synchronen Kanäle) mit ihnen interagieren oder Informationen zwischen zwei oder mehreren Netzwerken vermitteln.

Dieser Formalismus bildet ein formales Mittel, um die Kommunikation zwischen geschachtelten Entitäten zu beschreiben, und wird z. B. zur Modellierung sowie zur technischen Implementierung der MULAN/CAPA-Architektur (s. Abbildung 2.3) eingesetzt.

Workflownetze Zur Modellierung von Geschäftsprozessen wird häufig eine spezielle Subklasse von Petrinetzen eingesetzt – die sogenannten Workflownetze [Aalst 1998]. Ähnlich wie die Transitionssysteme verfügen Workflownetze über genau einen Start- und einen Endpunkt (speziell ausgeschriebene Plätze). Alle anderen Plätze liegen auf einem Pfad zwischen diesen beiden.

Dadurch ist es möglich den Lebenszyklus eines Vorgangs bzw. Falls (engl. *case*, vgl. oben) im Geschäftsumfeld zu beschreiben. Von einem Workflownetz können z. B. mehrere Instanzen zur gleichen Zeit existieren, die sich zu einem gegebenen Zeitpunkt in möglicherweise abweichenden Zuständen befinden. Bei der Entdeckung von Prozessen mittels PM (s. Seite 32) werden mehrere Cases, die unterschiedliche Varianten eines Prozesses sein können, zu einem Prozess zusammengefügt. Übertragend kann bei diesem Vorgehen auch davon gesprochen werden, dass die Schaltsequenzen eines unbekannten Workflownetzes analysiert werden (vgl. [Aalst 2016]).

Ausgiebig beschrieben und formal definiert werden Workflownetze in [Aalst 2016, Section 3.2.5].

BPMN 2.0

„Eine [weitere] grafische Modellierungstechnik und mittlerweile etablierter Standard für Geschäftsprozesse stellt die aktuelle BPMN 2.0 dar. Der Hauptaspekt von BPMN ist die einheitliche Darstellung eines Geschäftsprozesses für alle Beteiligten. Das heißt, dass ein BPMN-Geschäftsprozess nicht nur für die Planung und Organisation, sondern auch von den Benutzern während der Ein- und Durchführung des Geschäftsprozesses verwendet werden kann. Diese Modelle bieten eine Kommunikationsgrundlage für die planenden und ausführenden Personen und dienen somit der engen Kopplung von Prozessdesign und -einführung [ISO/IEC 19510:2013 2013; OMG 2014].

Eine konkrete Beschreibung von BPMN ist in [...] [Freund und Rücker 2019] zu finden. [...]

Eine deutsche Abbildung, welche die Basiselemente von BPMN beschreibt, ist zum Beispiel im *Praxishandbuch BPMN 2.0* von Jakob Freund und Bernd Rücker [Freund und Rücker 2019] zu finden. Einen deutschen Überblick über alle Elemente, die in BPMN verwendet werden, bietet das BPMN-Poster [BPMN 2.0 Poster 2011], [...].²⁶

²⁶Übernommen aus der Masterarbeit des Autors dieser Arbeit [Schmitz 2016, S. 13, 14]. Die Quellen wurden angepasst bzw. aktualisiert.

2.4.3 Sonstige verwendete Modellierungstechniken

In dieser Arbeit werden weitere Modellierungstechniken eingesetzt, deren Verwendung sowie kleine Abwandlungen hier erläutert werden. Während z. B. die Use Case Diagramme (im Deutschen auch als Anwendungsfalldiagramme bezeichnet) eine geläufige Modellierungstechnik des UML²⁷ Standards [ISO/IEC 19501:2005] sind, kommen auch spezialisierte Techniken zum Einsatz, die nur in Nischen eingesetzt werden. Dazu zählen die sogenannten *Roles/Dependencies Diagrams* [Cabac u. a. 2013; Mosteller 2010], welche hier in abgewandelter Form Verwendung finden.

Alle in diesem Abschnitt nicht beschriebenen Darstellungsformen und Modellierungstechniken werden bei deren Gebrauch erläutert. Ihre Legende ist jeweils in einem Kasten mit hellgrauem Rahmen dargestellt (wie z. B. unten rechts in Abbildung 5.1).

Use Case Diagramme (UCD)

UCDs sind Teil des UML Standards [ISO/IEC 19501:2005] und werden vorrangig in der Softwareentwicklung eingesetzt. Eingestuft als Verhaltensdiagramme, sollen mit ihnen keine ausführbaren Prozesse erstellt werden. Häufig werden sie dafür eingesetzt, die Anforderungen an ein System zu spezifizieren (vgl. [Balzert 2009]). In dieser Arbeit werden UCDs dazu eingesetzt, die definierten Anforderungen an die zu entwickelnden Systeme visuell darzustellen.

Ein UCD, anhand welchem die Verwendung der einzelnen Elemente in dieser Arbeit gut erläutert werden kann, ist in Abbildung 9.2, S. 178 dargestellt. Ein UCD modelliert die *Beziehung* (dargestellt als Verbindungslinie) zwischen *AkteurInnen* (dargestellt als Strichmenschlein) und *Use Cases* (dargestellt als Ellipsen). Die *Use Cases* sind als Interaktionen der *AkteurInnen* mit dem *System* (die Systemgrenze wird durch ein Rechteck dargestellt) zu verstehen. Das *System* bietet den *AkteurInnen* also die jeweilige Funktionalität an, damit diese mit seiner Unterstützung einen Anwendungsfall ausführen bzw. bearbeiten können.

Außerdem können *Beziehungen* zwischen den *Use Cases* modelliert werden (dargestellt als offener Pfeil mit gestrichelter Linie). Diese können entweder vom Typ *include* oder *extend* sein. Der *extend* Typ wird eingesetzt, wenn angezeigt werden soll, dass ein *Use Case* von einem anderen *Use Case* erweitert wird. Der letztere ist als Kind des ersteren zu verstehen. Der Pfeilkopf zeigt auf den Eltern-*Use Case*. Wenn z. B. dargestellt werden soll, dass ein *Use Case* die Funktionalität eines anderen *Use Cases* nutzt, wird der Beziehungstyp *include* verwendet. Auch wenn die Geschäftslogik eines *Use Cases* einen anderen *Use Case* beinhaltet, wird dieser Typ gewählt. Der Pfeilkopf zeigt auf den *Use Case*, welcher die Funktionalität nutzt bzw. in der Geschäftslogik eines anderen beinhaltet ist.

In dieser Arbeit wird diese Darstellungsform außerdem um Kontexte erweitert, die in einem System liegen können (dargestellt als innen liegende Rechtecke). Dadurch wird eine hierarchische Darstellung eines Systems und seiner Teile ermöglicht. Außerdem wird zur Vereinfachung der Darstellung eine *Beziehung* zwischen *AkteurInnen* und *Kontexten* eingeführt. Gleichbedeutend wäre die Modellierung je einer Beziehung der *AkteurInnen* zu allen erstrangigen²⁸ im *Kontext* liegenden *Use Cases*.

²⁷ Unified Modelling Language

²⁸ Als erstrangiger *Use Case* werden diese bezeichnet, welche weder einen anderen *Use Case* erweitern, noch seine Funktionalität von einem anderen *Use Cases* benutzt wird.

Demnach ist die Abbildung 9.2, S. 178 wie folgt zu lesen:

- Die *AkteurInnen* sind die „KooperateurIn“, „Veranstaltende“ und „Teilnehmende“.
- Das System heißt „LLUA“.
- Der betrachtete Kontext des Systems heißt „Kommunikation & Kollaboration“.
- Die „KooperateurIn“ kann den *Use Case* „synchron kommunizieren“ nutzen, welcher durch den *Use Case* „Kommunikationsinhalte persistieren“ erweitert wird und die Funktionalitäten des Systems (*Use Case*) „direkt kommunizieren“ bzw. „indirekt kommunizieren“ nutzt.
- Außerdem nutzt die „KooperateurIn“ die *Use Cases* „asynchron kommunizieren“, „Daten austauschen“, „Bildschirm übertragen“ und „kollaborativ Texte schreiben“.
- Die *AkteurInnen* „Veranstaltende“ und „Teilnehmende“ nutzen alle erstrangigen *Use Cases* des *Kontextes* „Kommunikation & Kollaboration“.

Roles/Dependencies Diagram (RDD)

Ein RDD [Mosteller 2010] wird bei der Entwicklung und Implementierung von MAS mit dem MULAN/CAPA-Rahmenwerk eingesetzt [Cabac u. a. 2013]. Es dient dazu, die organisationale Struktur eines MAS zu beschreiben und die initiale Wissensbasis der Agenten-Rollen zu definieren. Die Beschreibung der Struktur umfasst zum einen die Definition der Rollen und die Generalisierung bzw. Vererbung zwischen den Rollen. Zum anderen wird definiert, aus welchen Rollen sich eine Agentenspezifikation zusammensetzt. Ein abstraktes Beispiel inkl. beschreibender Elemente ist in Abbildung 2.4 dargestellt.

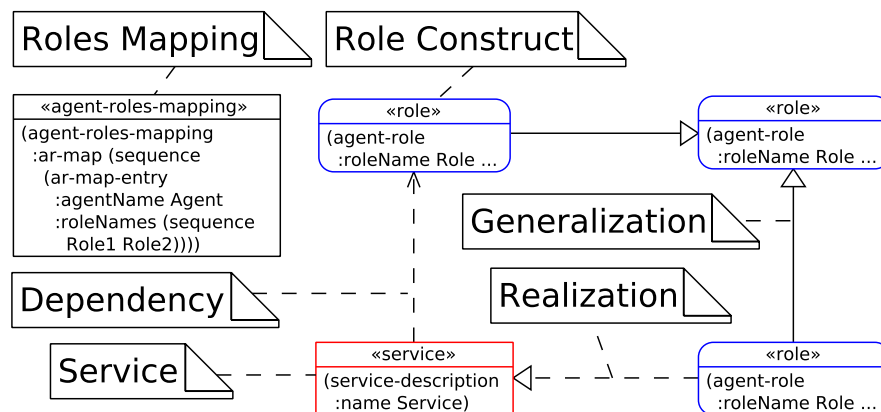


Abbildung 2.4: Konstrukte eines *Roles/Dependencies Diagram* [Cabac u. a. 2013, Figure 5, S. 305].

Im RDD werden *Rollen* als Rechtecke mit abgerundeten Kanten dargestellt, welche im oberen Teil die Inschrift «role» tragen. Zwischen zwei *Rollen* kann mittels eines Pfeils (geschlossene, nicht ausgefüllte Pfeilspitze und durchgehende Linie) eine *Generalisierung/Vererbung* (wie in der objektorientierten Softwareentwicklung) definiert werden. Die Pfeilspitze zeigt dabei auf die Rolle, von der geerbt wird.

Dienste, die von den *Rollen* angeboten und genutzt werden, werden mittels Rechtecken modelliert, die im oberen Teil die Inschrift «service» tragen. Dass eine *Rolle* einen *Dienst* anbietet, wird mittels eines Pfeils angezeigt, welcher ebenfalls eine geschlossene, nicht

ausgefüllte Pfeilspitze hat, seine Linie ist jedoch gestrichelt. Die Pfeilspitze zeigt auf den *Dienst*, der von der *Rolle* angeboten wird. Eine *Rolle* hängt von einem *Dienst* ab oder kann diesen *Dienst* benutzen, wenn zwischen der *Rolle* und dem *Dienst* ein gestrichelter Pfeil mit einer offenen Pfeilspitze eingefügt wird. Die Pfeilspitze zeigt auf die *Rolle*, die von dem *Dienst* abhängt bzw. diesen nutzen kann.

Links oben in Abbildung 2.4 ist das *Roles Mapping* dargestellt. Mittels dieses Konstrukts wird beschrieben, aus welchen Rollen einzelne Agentenspezifikationen aggregiert werden.

Die Syntax und Semantik²⁹ in dem Rollenkonstrukt, der Dienstbeschreibung und im *Roles Mapping* ist hier nicht relevant, da diese im Rahmen dieser Arbeit nicht zum Einsatz kommt. Außerdem wird die Darstellung des Rollenkonstrukts durch ein Strichmenschlein ausgetauscht (s. z. B. Abbildung 6.1) und die Vererbung zwischen den *Rollen* sowie das *Roles Mapping* in ein separates Diagramm extrahiert.

Die Abbildung 6.1 ist demnach (in Teilen) wie folgt zu lesen:

- Die *Rolle* „VeranstaltungsentwicklerIn“ bietet die beiden *Dienste* „Explizieren guter Lösungswege“ und „Erstellen von Lernmaterialien“ an.
- Diese beiden Dienste werden von der *Rolle* „LehrerIn“ genutzt.
- usw.

Die Aggregation des *Roles Mappings* wird im Folgenden nicht textuell beschrieben, sondern grafisch modelliert (s. z. B. Abbildung 5.2) und durch einen gestrichelten Pfeil angezeigt, welcher als Spitze einen nicht ausgefüllten Diamanten hat. Ein solcher Pfeil beginnt bei einer *Rolle* und zeigt auf eine *Agentenspezifikation*. Die modellierte Vererbung zwischen den Rollen zeigt keine notwendige, sondern eine mögliche Vererbung an. Da auch *Agentenspezifikationen* mittels Strichmenschlein dargestellt werden, erhalten diese außerdem die Inschrift «*Agentenspezifikation*», um sie von den *Rollen* zu unterscheiden. Neben einer *Agentenspezifikation* ist beschrieben, von welchen realen Personen eine solche ausgelebt werden kann.

Die Abbildung 5.2 ist demnach (in Teilen) wie folgt zu lesen:

- Die *Rolle* „Beteiligte“ kann von den *Rollen* „LehrerIn“, „LernerIn“ usw. erben.
- Die *Agentenspezifikation* „Teilnehmende“ aggregiert sich aus den *Rollen* „Beteiligte“ und „Prüfling“ und kann von StudentInnen ausgelebt werden.
- usw.

Soziale Netzwerke

In dieser Arbeit werden soziale Netzwerke mit unterschiedlichen Techniken dargestellt und dienen unterschiedlichen Zwecken. In Abbildung 6.4, S. 134 und Abbildung 6.8, S. 154 werden z. B. die strukturellen Beziehungen von Rollen visualisiert. Diese Beziehungen basieren auf der Dienst-Angebots- und der Dienst-Nutzungsbeziehung, welche auch mittels eines RDD (s. o.) dargestellt werden kann. Jedoch wird hier eine vereinfachte Darstellung gewählt, in welcher die Dienste nicht explizit modelliert werden. Dass eine Rolle einen Dienst einer anderen Rollen nutzt, wird durch einen Pfeil mit ausgefüllter Pfeilspitze abgebildet. Die Pfeilspitze zeigt auf die Rolle, welche den benutzten Dienst anbietet.

Ausgegraute, zur Hälfte gepunktete Pfeile (wie in Abbildung 6.8, S. 154 oben zu sehen) geben an, dass diese Beziehungen über den betrachteten Kontext hinausgehen.

²⁹Eine Beschreibung der Syntax ist z. B. in [Cabac u. a. 2013] zu finden.

Weitere in dieser Arbeit abgebildete soziale Netzwerke wurden mit dem PM Werkzeug ProM³⁰ mittels sozialer Netzwerkanalysen erstellt (s. Abbildung 16.4, S. 383 und Abbildung 16.6, S. 386). Die jeweilige Darstellung wird im Rahmen der Analyse (s. Seite 383 ff.) beschrieben.

2.5 Systemadministration und Web-Hosting

Das Ziel dieses Abschnitts ist es nicht, praktisches, technisches Wissen für die Administration von Computersystemen und das Web-Hosting von Softwareanwendungen/-diensten zu vermitteln, sondern grundlegende Begrifflichkeiten und Konzepte zu erläutern, die in dieser Arbeit zur Beschreibung von gewählten Lösungen benutzt werden.

In [Nemeth u. a. 2017] werden als einige der Hauptaufgaben der **Systemadministration** die Kontrolle des Zugangs für Personen, das Hinzufügen von Hardware, die Automatisierung von wiederkehrenden Aufgaben, die Einrichtung und Beaufsichtigung von Backups, die Installation und Aktualisierung von Software, die Überwachung von Systemen, die Fehlersuche, die Pflege einer lokalen Dokumentation und mehr genannt. Wenn in dieser Arbeit die Administration eines Computersystems erwähnt wird, handelt es sich um diese und ähnliche Aufgaben.

Mit dem Begriff **Web-Hosting** werden Tätigkeiten beschrieben, die dazu dienen, Webseiten und Softwareanwendungen über das Internet zur Verfügung zu stellen (vgl. [Nemeth u. a. 2017]). In dieser Arbeit wird zur Vereinfachung nur der Begriff *Hosting* oder auch als Verb auch *hosten* verwendet. Zu diesen Tätigkeiten zählen u. a. die Administration von Firewalls, Webservern, Applikationsservern und Datenbanken. Eine ausführliche Einführung in das Hosting mit seinen technischen Facetten wird in [Nemeth u. a. 2017, Chapter 19] gegeben.

Eine **virtuelle Maschine** (VM) ist ein Gastsystem inkl. vollständigem Betriebssystem (engl. *Operating System*, OS), das auf einem *Hostsystem* ausgeführt wird. Sie stellt eine Abstraktion der physikalischen Hardware dar und teilt sich die Ressourcen mit dem Hostsystem und ggf. anderen VMs, die auf dem gleichen Hostsystem ausgeführt werden.

Im Gegensatz zu einer VM, verfügt ein *Container* nicht über ein vollständiges OS, sondern teilt sich den *Kernel*³¹ mit dem des Hosts. Auf diese Weise können Ressourcen z. B. in Form von Speicherplatz und Arbeitsspeicher gespart werden. Eine Möglichkeit Container zu nutzen ist die Verwendung der *Docker Engine*³². Docker-Container³³ basieren auf einem *Docker-Image*³⁴, welches sozusagen die Vorlage für einen Container darstellt. Ein Image kann auf der Grundlage eines *Dockerfiles*³⁵ erzeugt werden. Dieses ist gewissermaßen die „Blaupause“ für das Image. Es beinhaltet u. a. auf welchem anderen Image³⁶ das Image basiert und Kommandos (Installation, Konfiguration etc.), die es ermöglichen, die abgezielte Softwareanwendung in einem Container zu betreiben. Eine umfangreiche Einführung in Docker ist in [Nemeth u. a. 2017, Chapter 25.2] zu finden.

³⁰ProM Tools 2024c.

³¹Der *Kernel* ist der Kern eines OS. Unter anderem vermittelt dieser zwischen Hardware- und Softwarekomponenten.

³²<https://www.docker.com/>, besucht am 31.01.2024

³³<https://www.docker.com/resources/what-container/>, besucht am 31.01.2024

³⁴<https://www.docker.com/resources/what-container/>, besucht am 31.01.2024

³⁵<https://docs.docker.com/engine/reference/builder/>, besucht am 31.01.2024

³⁶Dies kann z. B. ein OS im initialen oder auch in einem veränderten Zustand sein.

Als ein *Docker-Stack* kann ein Zusammenschluss von mehreren Softwareanwendungen bezeichnet werden, die jeweils in einem Container ausgeführt werden. Ein einfaches Beispiel dafür ist eine Anwendungssoftware mitsamt ihrer Datenbank, die jeweils in einem Container betrieben werden. Eine Möglichkeit einen Docker-Stack auszuführen und zu verwalten nennt sich *Docker Compose*³⁷. Diese Erweiterung liest ein sogenanntes *Docker Compose File*³⁸, in welchem die einzelnen Container bzw. *Services* des Stacks spezifiziert sind.

2.6 Durchgeführte und untersuchte Lehrveranstaltungen im Kontext dieser Arbeit

Der Autor dieser Arbeit hat zum ersten Mal im Rahmen seiner Masterarbeit im Sommersemester 2014 als unterstützende Lehrkraft³⁹ an einer Lehrveranstaltung teilgenommen. Dies war ein Bachelor-Praktikum (6 ECTS⁴⁰, Präsenzzeit mind. 4 Stunden/Woche) des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg. Inhalt dieses Praktikums war das Erlernen der agentenorientierten Softwareentwicklung (AOSE) nach dem PAOSE⁴¹-Ansatz (s. u.). Darauf folgte ein Master-Projekt mit integriertem Seminar (9 + 3 ECTS, Präsenzzeit mind. 8 Stunden/Woche) im Wintersemester 2014/15, in dem der Autor eine ähnliche Rolle eingenommen hat [Schmitz 2016, u. a. Abschnitt 9.1].

In den folgenden Jahren hat der Autor an vielen solcher Praktika und Projekte als unterstützende Lehrkraft teilgenommen, bis er im Sommersemester 2017 seinen ersten Lehrauftrag für ein AOSE-Bachelor-Praktikum als vollwertige Lehrkraft durchgeführt hat. Den ersten Lehrauftrag für ein Bachelor-Praktikum mit dem Themenschwerpunkt auf der Analyse von Lehrveranstaltungen im universitären Kontext hat der Autor im Sommersemester 2019 durchgeführt. Die Lehrveranstaltung wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts in Zusammenarbeit mit Matthias Feldmann geschaffen (vgl. Seite 10) und insgesamt fünf Mal vom Autor dieser Arbeit durchgeführt. Diese Lehrveranstaltungen werden im Folgenden mit dem Sammelbegriff *PM/DA-Lehrveranstaltungen*⁴² bezeichnet.

Im Folgenden werden zunächst der PAOSE-Ansatz und die AOSE-Lehrveranstaltungen allgemein beschrieben. Im Anschluss werden die Ausprägungen der PM/DA-Lehrveranstaltungen erläutert. Beide Arten sind im Sinne dieser Arbeit als *projektbasierte Lehrveranstaltung* einzustufen.

2.6.1 PAOSE-Ansatz

Der Vorgänger des Arbeitsbereichs, welcher heutzutage die AOSE-Lehrveranstaltungen ausrichtet, namens *TGI*⁴³ lehrt die AOSE bereits seit über 25 Jahren (vgl. [Moldt und

³⁷<https://docs.docker.com/compose/>, besucht am 31.01.2024

³⁸<https://docs.docker.com/compose/compose-file/>, besucht am 31.01.2024

³⁹Die konkret übernommenen Aufgaben sind in [Schmitz 2016] beschrieben.

⁴⁰<https://education.ec.europa.eu/de/education-levels/higher-education/inclusive-and-connected-higher-education/european-credit-transfer-and-accumulation-system>, besucht am 31.01.2024

⁴¹Petrinetz-, Agenten- und Organisationsorientierte Softwareentwicklung

⁴²PM/DA steht für Process Mining/Data Analytics.

⁴³Theoretische Grundlagen der Informatik

Wienberg 1997]). Unter anderem aus diesem Bestreben heraus wurde der PAOSE⁴⁴-Ansatz entwickelt.

Im Kern dient dieser der ganzheitlichen Behandlung und Entwicklung komplexer Systeme und Anwendungen mittels des Multiagentenparadigmas, insbesondere auf Basis des MULAN-Rahmenwerks (s. Seite 35) (vgl. [Cabac 2010; Duvigneau 2009; Rölke 2004]). Der PAOSE-Ansatz ist als ein Softwareentwicklungsansatz zu verstehen und als ein solcher einzusetzen. Dieser wird in den AOSE-Lehrveranstaltungen gelehrt, eingesetzt und weiterentwickelt.

Entsprechend des Leitbilds der PAOSE wird nicht nur die technisch zu entwickelnde Anwendung, sondern auch das Team der EntwicklerInnen als MAS betrachtet, welches symmetrisch zum entwickelten System organisiert wird [Cabac 2007]. Im Zentrum dieser Betrachtung stehen „sowohl die Kommunikation und Koordination der Personen als auch die Projekt- und Personen-Organisation“ [Schmitz 2016, S. 63].

Das Vorgehen in der PAOSE basiert auf der „Dekomposition des zu entwickelnden Systems in die drei Dimensionen: Struktur, Verhalten und Terminologie“ [Schmitz 2016, S. 63]. Daraus ergibt sich eine Organisation, die sich in Form einer Matrix darstellen lässt. Die Spalten sind die Rollen (Struktur) und die Zeilen sind die Interaktionen (Verhalten). Wenn zwei Rollen gemeinsam an einer Interaktion teilnehmen, enthält ein solcher Schnittpunkt die Terminologie, die von den Rollen im Kontext dieser Interaktion verwendet wird [Cabac u. a. 2008].

Darüber hinaus betont die PAOSE ein prototypisches Vorgehen, welches jeweils mindestens eine der drei von [Floyd 1984] genannten Charakteristika beinhaltet:

- „Explorativ / Inkrementell: Die bereits vorhanden [sic] Artefakte werden nicht verändert, es kommen jedoch neue Artefakte hinzu.
- Evolutionär: Die bereits vorhanden [sic] Artefakte werden verändert und es können neue Artefakte hinzukommen.
- Experimentell: Es werden Artefakte erstellt, die anschließend unter Umständen wieder entsorgt werden.“ [Schmitz 2016, S. 64]

Im Detail wird der PAOSE-Ansatz in [Moldt 2006] und [Cabac 2010] beschrieben. Die hier vom PAOSE-Ansatz erläuterten Facetten werden im Kontext der Entwicklung des hier zu erschaffenden Rahmenwerks berücksichtigt und eingesetzt.

Die regelmäßig im Kontext der PAOSE durchgeführten Lehr- und Forschungsveranstaltungen erfolgten als Übungen, Praktika und Projekte, die durch Vorlesungen und Seminare komplementiert wurden. Nachdem Anfang der 90er Jahre eine Ausrichtung auf die Objektorientierung bestand, wurde ab Mitte der 90er Jahre eine Fokussierung auf die Agentenorientierung vorgenommen.

2.6.2 AOSE-Lehrveranstaltungen

Die AOSE-Lehrveranstaltungen wurden bereits u. a. in [Güttler 2013; Schmitz und Moldt 2018; Schmitz u. a. 2016] beschrieben. Die technische Umgebung und welche Möglichkeiten zur Datenanalyse diese bot, bevor die Auswirkungen dieses Forschungsprojekts zum Tragen kamen, wird in Abschnitt 3.2.2 kurz aufgearbeitet. Hier werden allgemeine Fakten, die Struktur und die Inhalte dieser Lehrveranstaltungen erläutert.

⁴⁴Petrinetz-, Agenten- und Organisationsorientierte Softwareentwicklung

Diese Lehrveranstaltung wurde in der Vergangenheit zunächst im Hauptstudium der Diplomstudiengängen des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg im Anschluss an Projektseminar und Projekt mit sechs bis zwölf Semesterwochenstunden angeboten.

Heutzutage wird sie als Bachelor-Praktikum (6 ECTS) und -Projekt (9 ECTS) sowie als Master-Projekt mit integriertem Seminar (9+3 ECTS) durchgeführt. In der Regel hat eine solche AOSE-Lehrveranstaltung zehn bis 30 Teilnehmende, ein bis zwei Veranstaltende und weitere unterstützende Personen, die z. B. ihre Abschlussarbeit im Kontext der thematischen Schwerpunkte schreiben. Andere Arbeitsbereiche des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg wählen eher eine klassische Form der Projektdurchführung mit einer oder zwei veranstaltenden Personen.

In den meisten Fällen besteht eine solche Lehrveranstaltung aus zwei Phasen (die organisatorischen Vorbereitungs- und Nachbereitungsphasen nicht mitgezählt):

- Phase I - Einarbeitung: Die Teilnehmenden erlernen gemeinsam und angeleitet anhand von Aufgabenblättern innerhalb weniger Wochen die Grundlagen und die beteiligten Personen lernen sich untereinander kennen.
- Phase II - Softwareentwicklung: Die Teilnehmenden vertiefen ihr erworbenes Wissen durch die (Weiter-)Entwicklung eines MAS und arbeiten einen Bericht über ihre Tätigkeiten aus.

In der Phase I werden u. a. die folgenden Lehr- und Lernkonzepte eingesetzt:

- „Erarbeitung und Präsentation von neuen oder bekannten Themengebieten / Werkzeugen
- Frontalunterricht durch Betreuer und Studierende
- Bearbeitung von konkreten Arbeitsaufträgen (Aufgabenblätter)
- Paarweise Programmierung mit wechselnden Partnern (bei der Bearbeitung der Aufgabenblätter und in der Softwareentwicklung)
- Lernen in (Klein-)Gruppen (bei der Softwareentwicklung)
- Erstellung einer Dokumentation (Aufbereitung der Ergebnisse zu den Aufgabenblättern und zu der entwickelten Software)
- Kurze Gruppengespräche (z. B. *Stand-Up-Meetings* und Entwickler-Diskussionen bzgl. Design-Entscheidungen o. ä.)“ [Schmitz 2016, S. 75, 76]

Die Phase II setzt im Anschluss stark auf das problemorientierte Lernen, wodurch auch der Projektcharakter einer solchen Lehrveranstaltung stärker in den Vordergrund tritt. In beiden Phasen werden darüber hinaus die Kooperation beim Lernen, die Expertenbildung, das arbeitsprozessorientierte Lernen, transparente Bewertungskriterien und die Retrospektive eingesetzt (vgl. [Schmitz und Moldt 2018]).

Das Ziel einer solchen Lehrveranstaltung ist nicht alleinig die Vermittlung und das Erlernen des PAOSE-Ansatzes und seiner technischen Werkzeuge, sondern u. a. auch Erfahrungen bei der Arbeit in einem verteilten, heterogenen Team zu sammeln und Projektmanagementfähigkeiten zu erwerben.

Über die Zeit hinweg hat sich diese Lehrveranstaltung weiterentwickelt und es wurden unterschiedliche, thematische Schwerpunkte gesetzt. Nachdem in den ersten Instanzen vorrangig infrastrukturelle Themen und grundlegende Machbarkeitsstudien verfolgt wurden, folgte eine Phase in der die Entwicklung von MAS im Vordergrund stand. Heutzutage wurde diese wieder von Bestrebungen abgelöst, technische Innovationen in die zugrunde

liegenden, teilweise eigens entwickelten Werkzeuge, einzubringen und auf diese Weise die Softwareentwicklung mit dem MULAN/CAPA-Rahmenwerk auf die Zukunft vorzubereiten. In diesem Zuge werden in den heutigen AOSE-Lehrveranstaltungen keine ausführbaren bzw. simulierbaren MAS mittels des MULAN/CAPA-Rahmenwerks entwickelt, sondern der Ansatz der agentenorientierten Softwareentwicklung auf die Weiterentwicklung komplexer, Java-basierter Softwaresysteme (RENEW und MULAN/CAPA) angewendet (vgl. [Moldt u. a. 2023]).

In den Kapiteln 14 und 15 wird die AOSE-Lehrveranstaltung, welche im Wintersemester 2022/23 durchgeführt wurde, explizit als eine Fallstudie herangezogen. Diese wird im Folgenden als *AOSE22WS* bezeichnet. Sie hatte offiziell zwei Veranstaltende und 31 Teilnehmende. Hinzu kamen mindestens sechs aktive Studierende, die ihre Abschlussarbeit im Kontext der inhaltlichen Themen der Lehrveranstaltung geschrieben haben und zwei weitere Personen, die im Bereich der Organisation bzw. technischen Unterstützung als Veranstaltende aufgetreten sind. Außerdem hat der Autor im Rahmen dieses Forschungsprojekts in Teilen die AOSE-Lehrveranstaltungen *AOSE21*, *AOSE21WS* und *AOSE22* in der Rolle eines Datenanalytikers (vgl. Abschnitt 6.2.2) begleitet.

2.6.3 PM/DA-Lehrveranstaltungen

Die Lehrveranstaltung, welche eigens für dieses Forschungsprojekt geschaffen wurde, wurde zum Zeitpunkt der Einreichung dieser Dissertationsschrift fünf Mal als Bachelor-Praktikum (6 ECTS) durchgeführt: im Sommersemester 2019 (PM19), 2020 (PM20), 2021 (PM21) und 2022 (DA22) sowie zusätzlich im Wintersemester 2020 (PM20WS). Als Vorbild für z. B. die eingesetzten Lehr- und Lernkonzepte diente die AOSE-Lehrveranstaltung (s. o.). Ziel war jedoch nicht die Vermittlung und das Erlernen der agentenorientierten Softwareentwicklung im Team, sondern die Vermittlung der Datenanalyse mittels BI und PM im Team.

In den Kapiteln 14 und 15 wird die DA-Lehrveranstaltung, welche im Sommersemester 2022 durchgeführt wurde, explizit als eine Fallstudie herangezogen. Diese wird hier als *DA22* bezeichnet. Sie hatte zwei Veranstaltende und 26 aktive Teilnehmende.

Besonders an der Geschichte dieser Lehrveranstaltung ist, dass sie bisher nur ein einziges Mal im Sommersemester 2019 als Präsenzveranstaltung in den Räumen des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg durchgeführt wurde. Alle folgenden Instanzen wurden im Zuge der COVID-19 Pandemie als digitale Lehrveranstaltung angeboten.

Über die Zeit wurden die Inhalte, die Struktur und die Vermittlungsformen kontinuierlich weiterentwickelt – teilweise basierend auf Erkenntnissen, die mittels Datenanalysen gewonnen wurden (s. Abschnitt 16.1.2). So hat sich der Titel⁴⁵ und in diesem Zuge auch das Kürzel von PM für *Process Mining* hin zu DA für *Data Analytics* verändert. Zwar wurden bereits in PM19 alle Schritte des grundlegenden Datenanalyseprozesses (s. Seite 27) gelehrt, jedoch lag der Fokus verstärkt auf dem Analysieren der Daten (4.) und der Evaluation und Interpretation der Analysen (5.). Außerdem wurde zum Analysieren bereits damals BI neben PM eingesetzt. Neben den Inhalten wurde auch – wie beabsichtigt – die technische Umgebung (in dieser Arbeit als die exemplarische LLUA bezeichnet) weiterentwickelt und auf die Bedürfnisse der Personen abgestimmt.

⁴⁵PM19: Analyse von Softwareentwicklungsprojekten mittels Process-Mining; DA22: Data Analytics mittels Process Mining und Business Intelligence im universitären Kontext

Diese Lehrveranstaltungen wurden mit 17 bis 32 Teilnehmenden, ein bis zwei Veranstaltenden und begleitenden AbschlussarbeiterInnen durchgeführt. Ähnlich wie die AOSE-Lehrveranstaltungen bestand PM19 aus einer Einarbeitungs- und einer Vertiefungsphase.

In der Einarbeitungsphase wurden die Teilnehmende in mehrere Teams eingeteilt, welche sich unter Anleitung der Veranstaltenden, jedoch ohne Aufgabenzettel, in ihr gewähltes Thema eingearbeitet haben. Der Abschluss dieser Phase wurde von einem Workshop gebildet, in welchem die einzelnen Teams durch die Bereitstellung praxisorientierter Aufgaben ihr Themengebiet den anderen Teams vermittelten. In der zweiten Phase war jedes Team für einen Abschnitt im Datenanalyseprozess zuständig (vgl. Analyse: Business Intelligence - Abhängigkeiten, Seite 379 ff.). Während der zweiten Phase sollten die Teilnehmenden zudem einen Abschlussbericht über ihre Tätigkeiten verfassen.

Aufgrund von erkanntem Verbesserungspotential wurde in PM20 zwischen den beiden Phasen eine weitere eingefügt. Diese wurde als Blocktermin an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt und diente dazu, allen Teilnehmenden einen tieferen Einblick in die theoretischen und die praxisorientierten Aspekte des gesamten Datenanalyseprozesse zu bieten.

Die weiteren Anpassungen sowie Lerninhalte der Lehrveranstaltungen werden im Rahmen dieser Arbeit deutlich und sollen hier nicht vorweggenommen werden. Während einige Anpassungen, welche auf Erkenntnissen aus den Datenanalysen basieren, insbesondere im Kapitel 16 ausgeführt werden, sind viele der Lerninhalte und weitere nützliche Informationen in dem digitalen Handbuch⁴⁶ zusammengefasst, welches im Kontext dieser Dissertation veröffentlicht wird.

⁴⁶<https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/>, besucht am 31.01.2024

3 Untersuchung und Aufbereitung verwandter Forschungsbereiche

In diesem Kapitel werden Teile von Forschungsbereichen betrachtet, welche im Kontext der vorliegenden Arbeit eine besondere Relevanz aufweisen. Zu denen zählen die (visuelle) Modellierung, das Projektmanagement und die Datenanalyse. Für alle drei Bereiche werden zum einen Arbeiten ausgewählt, die im Bildungskontext vorrangig auf der Ebene von Lehrveranstaltungen angesiedelt sind. Zum anderen werden Arbeiten herangezogen, welche für andere Kontexte entwickelt wurden, um einen erweiterten Überblick zu bieten.

Jedem dieser drei Forschungsbereiche wird ein Abschnitt gewidmet. In Abschnitt 3.1 werden Modellierungsansätze und -techniken betrachtet. In Abschnitt 3.2 werden vorrangig Projektmanagementumgebungen (PMUs) und ihr Einsatz besprochen. Der inhaltliche Fokus dieses Kapitels liegt verstärkt auf dem Forschungsbereich der Datenanalyse, welcher in Abschnitt 3.3 ausgeführt wird.

3.1 Modellierung

Der erste hier betrachtete Forschungsbereich ist die Modellierung von Systemen bzw. Projekten und ihren Organisationen. Dazu wird auf der einen Seite die Modellierung von Lehrveranstaltungen und auf der anderen Seite die Modellierung von Organisationen und Projekten in anderen Kontexten fokussiert. Für beide Bereiche werden zunächst agentenorientierte Modellierungstechniken betrachtet, da diese im Kontext dieser Arbeit einen besonderen Stellenwert einnehmen. Zusätzlich werden für beide Bereiche weitere geläufige Modellierungsansätze und -techniken betrachtet.

3.1.1 Modellierung von Lehrveranstaltungen

In der Literatur sind unterschiedliche Gründe zu finden, warum Teile von Lehrveranstaltungen modelliert werden. Diese sind z. B. die Durchführung einer Ist-Analyse, um aktuelle Situationen zu verstehen; die Unterstützung des Entwurfs oder Veränderung einer Lehrveranstaltung; die Erstellung eines simulierbaren Modells, um u. a. die Auswirkungen von Einflussfaktoren zu simulieren und zu verstehen.

Agentenorientierte Modellierung

Eines der Ziele dieses Forschungsprojekts ist es, eine einheitliche, konzeptionelle Betrachtungsweise für projektbasierte Lehrveranstaltungen zu entwickeln, wozu ein agentenorientierter Ansatz gewählt wird. Häufig wird in der Literatur eine agentenorientierte Perspektive für Lehrveranstaltungen eingesetzt, um diese mittels eines sogenannten *agent-based model* zu simulieren und nicht, um Lehrveranstaltung visuell darzustellen. In der vorliegenden Arbeit werden solche Modelle nicht zur Absicht der Simulation erstellt, dennoch

kann derartige Literatur einen Hinweis darauf geben, welche Agenten, Rollen, Tätigkeiten und Einflussfaktoren von anderen Forschenden betrachtet werden.

In [Ingram 2020] stellt der Autor ein agentenbasiertes Modell von Unterrichtsstunden in Klassenräumen vor, welches auf der Basis von empirischen Beobachtungen entwickelt wurde. Die Wahl des *agent-based model* Ansatzes begründet der Autor u. a. damit, dass so die kausalen Interaktionsketten zwischen den autonomen Akteuren untersucht werden können.

In dem Modell werden die drei Agentenspezifikationen *Lehrende*, *Studierende* und *Lehrassistent* betrachtet. Diese können sich in einem der drei Zustände *Produktiv*, *Disruptiv/Disziplinär* oder *Sonstiges* befinden. In jedem dieser Zustände stehen den Agenten jeweils unterschiedliche Aktivitäten zur Verfügung. Die Agenten treffen ihre Entscheidung für die nächste Aktivität basierend auf einem dreistufigen Modell:

1. Unterrichtsplan: Die Tätigkeit die in dem Unterrichtsplan vorgesehen ist.
2. Aktuelle Situation: Wer tut gerade was und wo? Was ist zuvor passiert?
3. Angewohnheiten: Verteilung über die Dauer, in der sich ein Agent in der Vergangenheit in einem der drei Zustände befunden hat.

Darüber hinaus werden grob die prinzipiellen Interaktionen zwischen den drei Agentenspezifikationen dargestellt [Ingram 2020, Figure 3-1] sowie beispielhafte interaktive Aktivitäten aufgezeigt [Ingram 2020, Figure 2-2]. Letztere beinhalten z. B., dass eine lehrende Person die gesamte Klasse unterrichtet und die Studierenden währenddessen zuhören und dass ein Lehrassistent eine kleine Gruppe unterrichtet, während die jeweiligen Studierenden dabei die Aktivität ausüben, mit diesem Lehrassistenten zusammen zu arbeiten.

In dem Modell *SimEd* [Sklar u. a. 2004], welches ebenfalls der Simulation dienen soll, ist der Klassenraum nur die unterste Ebene. Dieses beinhaltet außerdem die zwei weiteren Ebenen *Schule* und *Schuldistrikt*. Diese drei Ebenen werden hierarchisch ineinander geschachtelt. Das Langzeitziel der AutorInnen ist es, durch die Modellierung der Interaktionstypen und dem Wechselspiel zwischen lehrenden, studierenden und verwaltenden bzw. steuernden Personen ein Modell zu erstellen, mit welchem die Personen die Auswirkungen von Entscheidungen simulieren können.

Auf der Ebene des Klassenraums sieht das Modell die beiden Agentenspezifikationen *Lehrende* und *Studierende* vor. Zur Untersuchung von Ansätzen, um auf hohe Abwesenheitszeiten seitens der Studierenden zu reagieren, wirken im Modell externe (soziale) und interne (kognitive) Faktoren auf die Studierenden-Agenten ein. Diese sind (1) die Ausprägung der Fähigkeit, neue Inhalte zu erlernen, (2) das Maß an Motivation und Kooperation, neue Inhalte zu erlernen, (3) der emotionale Status und (4) das bereits vorhandene Wissen.

Die AutorInnen von [Lomazova u. a. 2021]¹ stellen u. a. einen Petrinetz-Formalismus (*Petri nets with reference data* (PNRD)) vor, mit welchem sie die Lernprozesse von MOOCs (*Massive Open Online Courses*) modellieren. Mit diesem lässt sich die Umgebung der Bildungsprozesse als dynamisches Multiagentensystem (MAS) visuell darstellen. So können auch fortgeschrittene Aspekte des Lernprozesses wie die Kommunikation zwischen Agenten, ihr verteiltes Verhalten, komplexe, kausale Zusammenhänge und teambasiertes Arbeiten modelliert werden. Sie geben an, dass eine solche Darstellung z. B. dazu benutzt werden kann, den realen Prozess besser zu verstehen, um u. a. Schwierigkeiten zu identifizieren, mit welchen die Studierenden konfrontiert werden könnten.

¹[Lomazova u. a. 2021] wurde zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit lediglich als *Pre-print* auf <https://arxiv.org/> veröffentlicht.

Die Betrachtung der zuvor genannten Arbeiten vermittelt einen Eindruck davon, welche Konzepte bei der agentenorientierten Modellierung von Lehrveranstaltungen zum Einsatz kommen könnten. Es können spezielle Agentenspezifikationen herausgearbeitet werden, welche einen inneren Zustand besitzen, der durch unterschiedliche Faktoren über die Zeit hinweg beeinflusst wird. Die einzelnen Agentenspezifikationen unterscheiden sich in den ihnen möglichen Aktivitäten und ihrem Wissensstand. Die Agenten können miteinander interagieren und auf diese Weise Einfluss auf andere Agenten ausüben. Außerdem kann ihr Lernverhalten (Interaktionen mit ihrer Umgebung) mittels spezieller Prozesse visuell dargestellt werden.

Im Abschnitt 3.1.2 werden diese Möglichkeiten der agentenorientierten Modellierung durch Arbeiten ergänzt, dessen Ergebnisse für andere Kontexte als Lehrveranstaltungen entwickelt wurden.

Prozessorientierte Modellierung

Unter dem Begriff *Educational Modelling Language* (EML) werden Modellierungssprachen verstanden, die von Veranstaltenden dazu benutzt werden können, die eigenen Lehrprozesse formal zu beschreiben, sodass sie auch von Computern interpretiert werden können [Martinez-Ortiz u. a. 2007]. Die AutorInnen von [Ruiz u. a. 2018] haben vorhandene EML hinsichtlich ihrer Vorteile und Grenzen untersucht und daraufhin eine neue Modellierungssprache entwickelt, welche sie *Didactic Strategy Model Language* (DSML²) nennen. Mit dieser kann die Reihenfolge der Aktivitäten definiert werden und von wem diese Aktivitäten wie auszuführen sind. Mittels einer Integration in das *Learning Management Systems* (LMS) Moodle kann mit Hilfe der DSML das Vorgehen modelliert werden, während sich gleichzeitig die in Moodle vorhandenen Ressourcen referenzieren lassen.

In [Schmitz u. a. 2016] beschreibt der Autor dieser Arbeit zusammen mit anderen, wie sich mit ausführbaren Workflownetzen (s. Seite 39) Strategien zur Bearbeitung von konkreten Aufgabenblättern modellieren lassen. Diese Workflownetze können außerdem dazu verwendet werden, neue Aufgabenblätter zu entwerfen oder vorhandene Aufgabenblätter zu überarbeiten.

Auch von den AutorInnen von [K. Irgang und T. Irgang 2014] wurden Petrinetze als Basis gewählt, um sogenannte *Visual Language Plans* (VLP) formal syntaktisch und semantisch zu definieren. VLPs bestehen aus Karten (engl. *cards*) welche sich in die folgenden sieben Kategorien einteilen lassen: Aktivitätsphase, Gatter, Aktivitätsprozess, Ressource, Rolle, Neigung und Sonstiges. Diese Karten können mittels der folgenden vier verschiedenen Relationen verbunden werden: *folgt nach* (gerichtete, zeitliche Abfolge von Karten, beschreibt den primären Prozess), *wird benötigt für* (verbindet Aktivitäten gerichtet mit z. B. Ressourcen oder Rollen), *ist Eingabe für* (kombiniert die zwei zuvor genannten Relationen) und *ist verbunden mit* (ungerichtete bzw. symmetrische Verbindung mit anderen Karten) [K. Irgang und T. Irgang 2014].

Ein weiteres Konzept bei der Modellierung von Teilen von Lehrveranstaltungen sind sogenannten *learnflows*. Diese dienen dazu, Lehr- und Lernprozesse visuell zu modellieren. Die Autoren von [Bergenthum u. a. 2012] stellen dafür zwei Modellierungsansätze vor, welche ebenfalls auf Petrinetzen bzw. farbigen Petrinetzen basieren. Sie berücksichtigen explizit die AkteurInnen bei der Modellierung. Die AkteurInnen werden als Zustandsdiagramm

²Die Abkürzung *DSML* wird in anderen Kontext auch als *Domain-Specific Modelling Language* verstanden und ist hier nicht mit dieser zu verwechseln.

modelliert, welches ihre aktuell ausgelebte Rolle angibt. In dem ersten Ansatz werden die Akteure als ein *Pool* (Platz) modelliert, auf die jede Aktivität (Transition) Zugriff hat. In dem zweiten Ansatz werden die AkteurInnen bzw. ihre jeweiligen Zustandsdiagramme als Marke durch das Netz gereicht. Auf diese Weise lässt sich der Fortschritt der AkteurInnen anhand des Netzes ablesen.

In [Opel u. a. 2023] wird die zielgruppenorientierte Erstellung von adaptierbaren Lehr- und Lernmaterialien adressiert. Das Ziel der AutorInnen ist es, zuvor erlangte Kompetenzen von Studierenden zu berücksichtigen, damit diese die Inhalte nicht wiederholen müssen. Zur Darstellung der Lehr- und Lerninhalte einer Lehrveranstaltung, einzelner Aufgaben und der möglichen Lernpfade werden Ablaufdiagramme genutzt. Die Ablaufdiagramme dienen als Grundlage zur Erstellung der adaptiven Aufgaben im eingesetzten Moodle LMS.

Im Kontext der Modellierung im Bildungsbereich existiert zusätzlich die sogenannte Disziplin *Curriculum Modelling*. Diese wird hier jedoch nicht betrachtet, da sie – wie ihr Name bereits vermuten lässt – nicht die Modellierung von Lehrveranstaltungen, sondern von übergeordneten Curricula (deut. *Lehrpläne*) fokussiert, durch welche z. B. die angebotenen Kurse einer Bildungsinstitution oder eines Studiengangs beschrieben werden. Aktuelle Forschungsergebnisse in diesem Bereich, um Curricula zu entwerfen, zu verändern und zu simulieren, werden z. B. in [McEneaney und Morsink 2022] präsentiert.

3.1.2 Modellierung von Organisationen und Projekten in anderen Kontexten

Auch in anderen Kontexten werden Modelle zu Abstraktion der Wirklichkeit eingesetzt. Weit verbreitet ist die visuelle Modellierung von Prozessen bzw. Workflows und ihre Ausführung/Simulation (vgl. [Gadatsch 2023]). Doch auch die agentenorientierte Perspektive wird auf der einen Seite zur Modellierung und auf der anderen Seite zur Ausführung oder Simulation von Systemen eingesetzt.

Agentenorientierte Modellierung

Der agentenorientierte Modellierungsansatz, welcher die vorliegende Arbeit maßgeblich prägt, wird MULAN genannt und wurde bereits in den Grundlagen in Abschnitt 2.4.1 erläutert. Hinzu kommt der Ansatz der BDI-Agenten, welcher ebenfalls bereits in den Grundlagen erläutert wurde (s. Abschnitt 2.4.1). Aus diesem Grund werden diese hier nicht erneut aufgegriffen. Außerdem wird nur auf solche Ansätze eingegangen, welche nah mit dem MULAN-Ansatz verwandt sind, um die Ausmaße dieser Betrachtung dem Kontext dieser Arbeit angemessen einzuschränken. In diesem Zusammenhang sind SONAR³ [Köhler-Bußmeier 2009], ORGAN⁴ [Wester-Ebbinghaus 2010] und das PAFFIN⁵-System [Wagner 2018] zu nennen. Während die beiden erstgenannten die Modellierung von Organisationen fokussieren, stellen PAFFINS bzw. die inne liegende *Agent-Activity* ein Konzept dar, durch welches Agenten und Workflows in einer Entität vereinigt werden. Alle drei Ansätze nutzen zur Spezifikation und teilweise auch zur Implementierung Referenznetze [Kummer 2002], welche eine Erweiterung von Petrinetzen darstellen.

³Self-Organisation Net Architecture

⁴Organisations-Architektur mit Netzen

⁵Processes and Agents For a Full Integration-System

Im Kontext von SONAR steht die Selbstorganisation von Organisationen im Fokus. Diese wird in Form von zwei Aspekten betrachtet. Zum einen ist die Selbstorganisation ein Prozess, der in die Organisationsstruktur eingebettet ist – also vorgegeben ist. Zum anderen wird der Koordinationsprozess zur Selbstorganisation durch die Interaktionen der Agenten ausgeführt – also auf eine bestimmte Weise gelebt. Mittels dieses Ansatzes lassen sich u. a. Hierarchien von Aufgaben und Netzwerke organisatorischer Positionen beschreiben sowie welche Position für die Ausführung bzw. Delegation der Aufgaben verantwortlich ist. SONAR stellt damit ein theoretisches Modell für Organisationen dar [Köhler-Bußmeier 2009].

Im Kontext von ORGAN stehen konkrete Modelle organisatorischer Einheiten im Fokus. Das Ziel ist es, anders als in der reinen Agentenorientierung, hin zu einer Organisationsorientierung zu gelangen, bei welcher die Organisation als Kollektiv handelnder AkteurInnen betrachtet wird. Dazu wird eine konzeptionelle Erweiterung von Multiagentensystemen (MAS) hin zu Multiorganisationssystemen vorgenommen. Die organisatorischen Einheiten können ineinander geschachtelt werden und können sowohl organisatorischer Kontext als auch organisatorische/r AkteurIn sein. Sie können darüber hinaus die folgenden drei grundlegenden Ausprägungen annehmen: (1) Operationseinheiten führen Operationen auf der aktuellen Ebene aus, (2) Integrationseinheiten und -prozesse interagieren mit der aktuellen Ebene und sind in diese eingebettet sowie (3) Steuerungseinheiten und -prozesse, welche die Einheit repräsentieren und mit den anderen Einheiten der aktuellen Ebene interagieren [Wester-Ebbinghaus 2010].

Das von Thomas Wagner implementierte PAFFIN-System basiert technisch auf der Implementierung von MULAN/CAPA [Cabac 2010; Duvigneau 2002] und erweitert die MULAN-Agenten um spezielle Workflow- und Managementfähigkeiten. Im Gegensatz zu den beiden zuvor vorgestellten Arbeiten, steht hier nicht die Modellierung von Organisationen, sondern stärker die Modellierung von AkteurInnen und Prozessen im Vordergrund. Zusätzlich bietet das PAFFIN-System das Potenzial, die erstellten Modelle auszuführen bzw. mit diesem technische Anwendungen zu entwickeln.

Die zentrale Komponente ist die *Agent-Activity*, welche eine Integration von Agentenaktionen und Workflowoperationen darstellt. Das Ergebnis ist ein interner, geordneter Prozess, mittels dessen eine abstrakte Aufgabe beschrieben werden kann. Diese Aufgabe kann von einer integrierten Entität (auch PAFFIN genannt) ausgeführt werden, welche sich daraufhin wie ein Agent, ein Workflow oder wie etwas dazwischen verhalten kann. Die Zusammenstellung des Wissens und der Fähigkeiten der PAFFINS erfolgt, genauso wie in MULAN, durch die Komposition von Rollen.

Sonstige Modellierung

Um die hierarchischen Strukturen von Organisationen (z. B. Abteilungen, Rollen und Kommunikationsbeziehungen) bzw. die sogenannte Aufbauorganisation darzustellen, werden häufig *Organigramme* eingesetzt. Diese Strukturen können auch als Baum- bzw. Hierarchiediagramme dargestellt werden.

Um das Verhalten von Organisationen und Projekten – also ihre Prozesse bzw. Workflows – zu beschreiben, werden prozessbasierte Modellierungstechniken eingesetzt. Während bei der Darstellung von groben Prozessen, wie z. B. des Scrum Prozesses (s. Abbildung 3.1), eine gewisse Freiheit bei der Modellierung geduldet wird, haben sich für detailliertere Formen einige Ansätze und Techniken durchgesetzt.

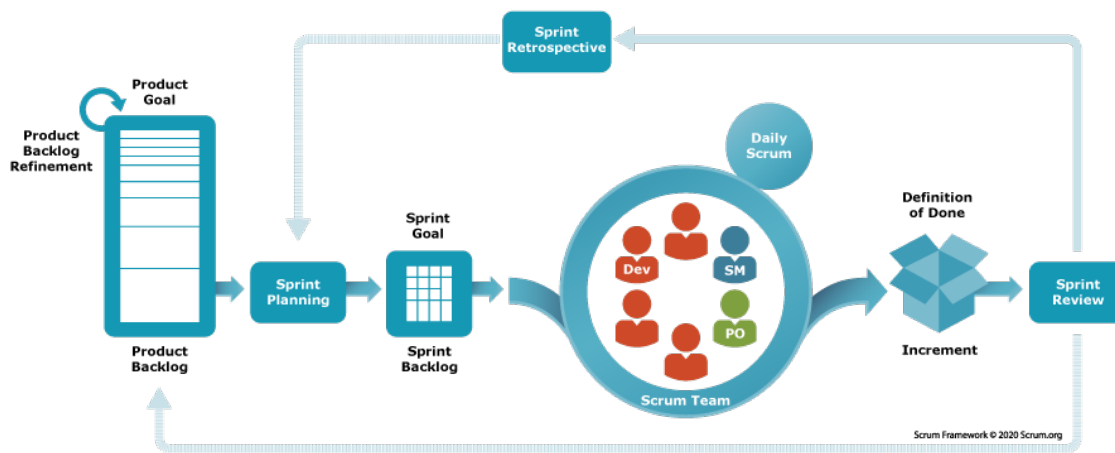


Abbildung 3.1: Darstellung des *Scrum Frameworks* als Prozess. [Scrum.org 2024]

Ein Überblick etablierter Ansätze und Techniken wird in [Gadatsch 2023, Kapitel 5] gegeben. Die Diagramm-basierten Ansätze werden dort in die folgenden vier Kategorien eingeteilt: datenflussorientierte, kontrollflussorientierte, objektorientierte und hybride Ansätze. An dieser Stelle wird darauf verzichtet, etwaige prozessbasierte Modellierungstechniken und ihren Einsatz zu erläutern. Stattdessen werden die Besonderheiten der, in dieser Arbeit eingesetzten, prozessbasierten Modellierungstechniken benannt. Zu diesen zählen die objektorientierten Use Case Diagramm (UCD, s. Abschnitt 2.4.3) sowie die beiden kontrollflussorientierten Techniken *BPMN 2.0* (s. Abschnitt 2.4.2) und Petrinetze (s. Abschnitt 2.4.2). Petrinetze kommen in diesem Forschungsprojekt sowohl explizit zur Modellierung als auch als *Denkzeug* (s. Abschnitt 2.4.2; vgl. [Moldt 2005]) zum Einsatz.

UCDs sind Teil des UML⁶ Standards [ISO/IEC 19501:2005] und finden somit vorrangig in der Softwareentwicklung Einsatz. BPMN (*Business Process Model Notation*) 2.0 [ISO/IEC 19510:2013 2013; OMG 2014] wurde entwickelt, um von den Personen eingesetzt zu werden, welche Geschäftsprozesse entwerfen, managen und realisieren. Petrinetze werden in den unterschiedlichsten Bereichen zur Modellierung von (verteilten) Systemen eingesetzt.

Während UCDs und Petrinetze aus vergleichsweise wenigen unterschiedlichen Konzepten bestehen, kann bei der Modellierung mittels BPMN 2.0 aus einer Vielzahl von Elementen gewählt werden (vgl. [BPMN 2.0 Poster 2011]). Auf der einen Seite können Prozesse so auch für unerfahrene Personen verständlich sein, da die einzelnen Symbole eine intuitive, jedoch nicht exakte, Interpretation zulassen. Auf der anderen Seite kann dadurch ein Nachteil entstehen, wenn die vollständige Notation genutzt werden soll [Gadatsch 2023]. Dennoch wird BPMN 2.0 als präzise genug eingestuft, damit die Diagramme in Softwareprozesskomponenten übersetzt werden können [OMG 2014].

UCDs werden im UML 2-Standard als Verhaltensdiagramm klassifiziert und nicht mit der Absicht modelliert, technisch ausführbare Prozesse zu erstellen. Stattdessen dienen sie

⁶Unified Modelling Language

oft dazu, die Anforderungen an ein System zu spezifizieren (vgl. [Balzert 2009]). Demgegenüber existieren für Petrinetze und BPMN 2.0 technische Ausführungs- bzw. Simulationsumgebungen (für Petrinetze z. B. RENEW⁷, CPNTools⁸; für BPMN 2.0 siehe z. B. [Hausermann 2014], Camunda⁹ und Apromore¹⁰). Aufgrund der formalen Basis von Petrinetzen lassen sich diese nicht nur simulieren, sondern können auch formal verifiziert werden, um bestimmte Eigenschaften modellierter Prozesse nachzuweisen.

Mit BPMN 2.0 und Petrinetzen ist außerdem die Modellierung von im Prozess genutzten sowie erstellten Daten und Nachrichten möglich. Zwar lässt sich in UCDs die Nutzung von z. B. konkreten Daten und Nachrichten nicht modellieren, dafür lässt sich aber übersichtlich darstellen, welche Funktionen eines Systems von welchen AkteurInnen genutzt werden (vgl. [ISO/IEC 19501:2005]).

Die Modellierung von AkteurInnen bzw. Rollen sind auch in BPMN 2.0 explizit vorgesehen. Mittels der Verwendung von *Swimlanes* kann verdeutlicht werden, von welcher Rolle welche Prozessschritte ausgeführt werden und welche Rollen miteinander z. B. über Nachrichten kommunizieren [OMG 2014] (s. als Beispiel Abbildung 12.8). Zwar ist die Modellierung von AkteurInnen und anderen Ressourcen in Petrinetzen nicht durch explizite Konzepte vorgesehen, jedoch lassen sich diese und ähnliche Situationen ebenfalls modellieren (s. als Beispiel Abbildung 10.4).

3.2 Projektmanagement

Der zweite hier betrachtete Forschungsbereich ist das Projektmanagement. Zunächst werden dazu PMUs und deren Nutzung im Kontext von Lehrveranstaltungen aufgearbeitet. Anschließend wird die PMU beschrieben, welche für dieses Forschungsprojekt in diesem Bereich als Startpunkt zu werten ist. Von dieser Grundlage aus wurden Teile der vorliegenden Arbeit entwickelt. Im Anschluss werden ausgewählte Rahmenwerke und Umgebungen vorgestellt, welche zur Entwicklung und Nutzung von PMU in anderen Kontexten als dem Bildungsbereich existieren.

3.2.1 Projektmanagementumgebungen in Lehrveranstaltungen

In gängigen LMS, Kollaborations- und E-Learning-Plattformen wurde die Integration von Projektmanagementfähigkeiten über viele Jahre vollständig vernachlässigt [Molinari 2021a]. Erst in den letzten Jahren werden vermehrte Anstrengungen unternommen, LMS und andere E-Learning Umgebungen mit solchen Fähigkeiten auszustatten – wie z. B. in den folgenden Arbeiten präsentiert wird: [Bernardino u. a. 2022; Coccoli u. a. 2019; Khaldi und Erradi 2020a,b; Molinari 2021b]. Zuvor wurden jedoch bereits Versuche unternommen, solche Umgebungen mit anderen Systemen zu koppeln, sodass die Vorzüge von PMU auch in Lehrveranstaltungen genutzt werden konnten [Molinari 2021a]. So haben z. B. [Quesada u. a. 2013] bereits im Jahr 2013 das weit verbreitete LMS Moodle¹¹ mit Redmine¹² kombiniert, um problembasiertes Lernen in einer ihrer Lehrveranstaltungen zu

⁷<http://renew.de/>, besucht am 31.01.2024

⁸<https://cpntools.org/>, besucht am 31.01.2024

⁹<https://camunda.com/bpmn/tool/>, besucht am 31.01.2024

¹⁰Apromore Pty Ltd 2024a.

¹¹<https://moodle.org/>, besucht am 31.01.2024

¹²J.-P. Lang 2024.

unterstützen. Die Autoren haben die Kombination als Erfolg gewertet und heben hervor, dass die Teilnehmenden dadurch zusätzlich Erfahrung im Bereich Projektmanagement und Teamwork mit webbasierten Werkzeugen sammeln konnten.

In [Molinari 2021b] wird das LMS *Online Communities*, das bereits in eine größere Analyseumgebung eingebettet ist, mittels einer Komponente ergänzt, um es um Projektmanagementfähigkeiten für kollaborative Lerngemeinschaften zu erweitern (Verwalten und Kontrollieren von Projekten, Aktivitäten und Ressourcen sowie des Fortschritts von Aktivitäten und der Verantwortlichkeiten). Die Autorin betont, dass dieser Ansatz zwei wesentliche positive Aspekte zum Ausdruck gebracht hat. Es hat sich gezeigt, (a) dass Projektmanagementkonzepte im Bildungskontext als angemessene angesehen werden können, da viele Aktivitäten, die im Rahmen von Bildungstätigkeiten durchgeführt werden, als Teil eines Projekts angesehen werden können und (b) dass es einen Vorteil bietet, wenn eine solche Entwicklung im Rahmen einer virtuellen Gemeinschaftsumgebung durchgeführt wird, da solche Dienste den Personen eine echte Unterstützung bieten.

Die Autoren von [Bernardino u. a. 2022] haben festgestellt, dass akademische Institute zwar dazu beigetragen haben *The Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) [PMI 2021] zusammenzustellen, die Entwicklung adäquater PMU für Lernprozesse jedoch vernachlässigt wurde. Aus diesem Grund haben sie die Umgebung *Silver Bullet* entwickelt, welche den Projektmanagementprozess im Bildungskontext unterstützt. Dabei decken sie alle Wissensbereiche des PMBOK ab. Diese Umgebung unterstützt ihren problembasierten Lernansatz in der Lehre von Softwareentwicklungsprojektmanagement, welcher aus den folgenden fünf Phasen besteht: (0) Vor Projektbeginn, (1) Einführung, (2) Planung, (3) Ausführung, Überwachung und Kontrolle sowie (4) Abschluss (frei übersetzt aus dem Spanischen [Bernardino u. a. 2022, Figura 1]).

In den beiden Arbeiten [Khaldi und Erradi 2020a,b] werden die Entwicklung und das zugehörige Projekt einer E-Learning PMU beschrieben, welche speziell für projektbasierte Lehrveranstaltungen entwickelt wird. Sie geben damit einen Einblick in die Komplexität einer solchen Entwicklung auf der menschlichen Ebene (ExpertInnen), bei der Konzeption und beim technischen Entwurf.

Basierend auf der Erklärung, warum neue technologiegestützte Lernumgebungen erforderlich sind, entwickeln die AutorInnen von [Coccoli u. a. 2019] eine Vision (und einen Prototypen), die Management-, Lehr- und Lernaktivitäten sowie automatisierte Analysen ermöglicht. Die Vision sieht eine stark anpassbare, virtuelle Communityplattform vor, welche auf einer skalierbaren Cloudinfrastruktur ausgeführt wird und in welcher spezialisierte Algorithmen auf Lernprozesse angewendet werden, um so Vorschläge für Lernmaterialien und Lernwege zu geben.

3.2.2 Projektmanagementumgebung der PAOSE-Lehrveranstaltungen

Eine der Lehrveranstaltungen, die im engen Kontext der PAOSE¹³ durchgeführt wird, ist z. B. die bereits in Abschnitt 2.6.2 vorgestellte AOSE-Lehrveranstaltung. Im Abschnitt wurde auch bereits die PAOSE selbst kurz erläutert.

Für das vorliegende Forschungsprojekt wurde die technische Umgebung der PAOSE-Lehrveranstaltung als Ausgangspunkt gewählt. Aus diesem Grund wird die damalige Ausprägung dieser Umgebung in diesem Abschnitt erläutert. Die Ausprägung wird als damalig

¹³Petrinetz-, Agenten- und Organisationsorientierte Softwareentwicklung

bezeichnet, weil sich die technische Umgebung der PAOSE-Lehrveranstaltungen im Verlauf dieses Forschungsprojekts verändert bzw. weiterentwickelt hat, was in Teilen durch dieses Forschungsprojekt vorangetrieben wurde. Konzeptionell entwickelt und praktisch umgesetzt wurde diese damalige Umgebung im Kontext von [Güttler 2013].

Neben den Werkzeugen, welche in diesen Lehrveranstaltungen für die Softwareentwicklung eingesetzt wurden (u. a. Integrierte Entwicklungsumgebung (Eclipse¹⁴), Entwicklungsumgebung für Multiagentensysteme (RENEW¹⁵), Versionskontrollsystem (Git¹⁶) und *Continuous Integration* Umgebung (Jenkins¹⁷)), wurde die webbasierte PMU Redmine¹⁸ genutzt [Güttler 2013]. In dieser wurden vorrangig die folgenden Tätigkeiten durchgeführt (vgl. [Schmitz 2016]):

- Aufgabenmanagement (*Issue Tracking System*, Zeitmanagement, Gantt-Diagramm, Roadmap)
- Dokumentation (Wiki)
- Diskussionen (Forum)

Darüber hinaus wurden für die technisch gestützte Kommunikation häufig E-Mails und nur selten text- bzw. sprachbasierte Chats verwendet. Der Austausch einzelner Dateien erfolgte in der Regel ebenfalls via E-Mail oder über den vom Informatikrechenzentrum der Universität Hamburg bereitgestellten *Network File Storage* (NFS).

Wie diese Umgebung im Detail zur Organisation und Durchführung der PAOSE-Lehrveranstaltungen eingesetzt wurde, ist in [Güttler 2013; Schmitz 2016; Schmitz und Moldt 2018; Schmitz u. a. 2016] nachzulesen.

In den AOSE-Lehrveranstaltung wurde Redmine außerdem um das *Agile*¹⁹ Plugin erweitert, welches einige Diagramme, wie z. B. einen sogenannten *Burn-Down-Chart* zur Verfügung stellt. Ein solcher ermöglicht es, die Entwicklung verbleibender Aufgaben (hier die Menge an offenen Tickets) in Relation zur verbleibenden Zeit eines Projekts/-abschnitts zu visualisieren. Für weitere Analysezwecke wurde die tabellarische Übersicht der aufgewendeten Zeit der Personen genutzt. Diese kann nach den folgenden Attributen eines Tickets gefiltert werden: Projekt, Status, Version (Meilenstein), Kategorie, Person, Typ und selbst hinzugefügte, individuelle Attribute. Zur Untersuchung konkreter Situationen ist die Kombination aus dreien dieser Filter-Attribute möglich. Die aufgewendete Zeit lässt sich entsprechend der Zeiträume Jahren, Monaten, Wochen und Tagen aggregiert darstellen.

3.2.3 Projektmanagementumgebungen in anderen Kontexten

In [Ferreira u. a. 2018] werden Projekte, welche von Gruppen dynamisch und dezentralisiert in einem kollaborativen Stil verwaltet werden als *informelle Projekte* (engl. *informal projects*) bezeichnet. Im Sinne der vorliegenden Arbeit, sind projektbasierte Lehrveranstaltungen eine Variante solcher informellen Projekte. Die AutorInnen schlagen fünf Leitsätze vor, die bei der Entwicklung einer technischen Umgebung zur Unterstützung des kollaborativen Managements berücksichtigt werden sollten. Die korrespondierenden Fähigkeiten

¹⁴<https://www.eclipse.org/>, besucht am 31.01.2024

¹⁵<http://renew.de/>, besucht am 31.01.2024

¹⁶<https://git-scm.com/>, besucht am 31.01.2024

¹⁷<https://www.jenkins.io/>, besucht am 31.01.2024

¹⁸J.-P. Lang 2024.

¹⁹https://www.redmine.org/plugins/redmine_agile, besucht am 31.01.2024

einer solchen Umgebung sollten von allen beteiligten Personen genutzt werden können. In Abschnitt 18.1.1 wird diskutiert, inwiefern das hier entwickelte LLUA-Rahmenwerk diese fünf Leitsätze adressiert. Im Folgenden sind diese fünf Leitsätze verkürzt beschrieben:

1. Definition von Projekten und Gruppen: Erstellung und Beschreibung von Projekten, Verwaltung der Projektbeteiligten
2. Definition und Verwaltung von Tätigkeiten: Erstellung, Beschreibung, Bearbeitung und Fertigstellung von Tätigkeiten
3. Teilung der Verantwortung: Transparente, flexible und eigenverantwortliche Zuweisung von Verantwortlichkeiten
4. Anerkennung von Beiträgen: *Liken* und kommentieren der Tätigkeiten der vorangegangenen Leitsätze
5. Bereitstellung von Projektsichtbarkeit: Übersicht aller Projekte, an denen eine Person beteiligt ist; Übersicht von Tätigkeiten, Verantwortlichkeiten, Fristen und des Fortschritts

In einem Blogeintrag²⁰ auf zapier.com werden konkrete Ausprägungen von sogenannten *Projektmanagement Software Stacks* und ihre Verwendung (Workflows) von 13 Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen vorgestellt. In der Tabelle 3.1 wird eine Auswahl dieser präsentiert.

Tabelle 3.1: Beispielhafte *Projektmanagement Software Stacks*. Extrahiert aus einem Blogeintrag (<https://zapier.com/blog/project-management-toolkits/>, besucht am 31.01.2024), der auf zapier.com erschienen ist.

Unternehmen	Stampede Design	StarOfService	Blue Ocean Robotics	Tinkerbox Studios
Projektziel	User Experience Design	On-Demand Dienste	Roboterentwicklung	App-Entwicklung
Bereich				
Projekte starten	–	–	Gmail ²¹	Pipedrive ²²
Projektmanagement	Basecamp ²³	Trello ²⁴ & JIRA ²⁵	Trello (mit Scrum for Trello ²⁶)	Basecamp & interne PM-Software
Terminplanung	ResourceGuru ²⁷	Google Calendar ²⁸	–	–
Zeiterfassung	Toggl ²⁹	–	–	–
Dateiaustausch	Dropbox ³⁰	–	–	Dropbox

²⁰<https://zapier.com/blog/project-management-toolkits/>, besucht am 31.01.2024

Kommunikation	Slack ³¹ & Basecamp	Gmail & Slack	Slack, Skype ³² , & Google Hangouts ³³	Slack
Anerkennungen	Bonus.ly ³⁴	–	Trello	–
Notizen	Workflowy ³⁵ & Google Keep ³⁶	Google Docs ³⁷	–	–
Gemeinsame Logins	LastPass ³⁸	–	–	–
Feedback		InVision ³⁹	–	InVision

Für die Präsentation von generellen Informationen wird im Folgenden der Kontext eingegrenzt, in welchem die hier betrachteten PMUs eingesetzt werden. Aufgrund der Ähnlichkeit zu projektbasierten Lehrveranstaltungen in der Informatik, werden PMU für Softwareentwicklungsprojekte betrachtet. Da die meisten verfügbaren Werkzeuge und Umgebungen nicht alle individuellen Anforderungen der Tätigkeiten in individuellen Projekten bedienen (vgl. [Chadli u. a. 2016]), können solche Umgebungen durch die Komposition bzw. lose Kopplung mehrerer Werkzeuge realisiert werden [Eskeli u. a. 2011; Sinha u. a. 2007]. Die Fülle an Ausprägungen solcher Umgebungen ist groß, weshalb hier allgemeine Bereiche und keine weiteren konkreten Werkzeuge oder deren Komposition oder Kopplung beschrieben werden. Konkrete Werkzeuge, die in solchen Umgebungen eingesetzt werden, wurden z. B. in [Chadli u. a. 2016] herausgearbeitet.

Die AutorInnen von [Chadli u. a. 2016] führen im Rahmen ihrer systematischen Klassifizierungsstudie (engl. *Systematic Mapping Study*) zur Klassifikation von Aktivitäten, die von Werkzeugen und Umgebungen unterstützt werden, den Standard ISO/IEC/IEEE

²¹<https://gmail.com/>, besucht am 31.01.2024

²²<https://www.pipedrive.com/>, besucht am 31.01.2024

²³<https://basecamp.com/>, besucht am 31.01.2024

²⁴<https://trello.com/>, besucht am 31.01.2024

²⁵<https://www.atlassian.com/software/jira>, besucht am 31.01.2024

²⁶<http://scrumfortrello.com/>, besucht am 31.01.2024

²⁷<http://resourceguruapp.com/>, besucht am 31.01.2024

²⁸<https://www.google.com/calendar/about/>, besucht am 31.01.2024

²⁹<https://toggl.com/>, besucht am 31.01.2024

³⁰<https://www.dropbox.com/>, besucht am 31.01.2024

³¹<https://slack.com/>, besucht am 31.01.2024

³²<https://www.skype.com/en/>, besucht am 31.01.2024

³³<https://hangouts.google.com/>, besucht am 31.01.2024

³⁴<http://bonus.ly/>, besucht am 31.01.2024

³⁵<https://workflowy.com/>, besucht am 31.01.2024

³⁶<https://keep.google.com/>, besucht am 31.01.2024

³⁷<https://www.google.com/docs/about/>, besucht am 31.01.2024

³⁸<https://lastpass.com/>, besucht am 31.01.2024

³⁹<https://www.invisionapp.com/>, besucht am 31.01.2024

12207⁴⁰ „Systems and Software Engineering—Software Lifecycle Process“⁴¹ an. Sie leiten daraus die folgenden sieben Prozessbereiche ab: Projektplanung, Projektbewertung und -steuerung, Entscheidungs-, Risiko-, Konfigurations- und Informationsmanagement sowie Messung. Daraus kann geschlossen werden, welche Bereiche durch eine solche Umgebung unterstützt werden könnten. Außerdem untersuchen die AutorInnen inwiefern die Kommunikation, Koordination und Kooperation (3Ks) von Werkzeugen und Umgebungen berücksichtigt werden. Beides – die sieben genannten Bereiche sowie die 3Ks – wird in Abschnitt 18.1.1 aufgegriffen. Es wird diskutiert, inwiefern das entwickelte LLUA-Rahmenwerk diese jeweils adressiert.

3.3 Datenanalyse

Der letzte hier betrachtete Forschungsbereich ist die Datenanalyse (vorrangig im Bildungsbereich). In diesem Rahmen werden einige Basiskonzepte von *Learning Analytics* (LA) und anschließend die Durchführung und der Einsatz konkreter Analysen in Lehrveranstaltungen sowie in anderen Projekten außerhalb der Bildung betrachtet. Daraufhin werden einige Rahmenwerke aus der Literatur im Kontext von Lehrveranstaltungen vorgestellt, welche dabei unterstützen, technische Analyseumgebungen und -werkzeuge zu entwickeln und einzusetzen sowie das Vorgehen für die Datenanalyse beschreiben. Im Anschluss werden konkrete technische Analyseumgebungen und -werkzeuge vorgestellt, wie sie im Kontext von Lehrveranstaltungen entwickelt wurden bzw. eingesetzt werden.

Das Ziel dieses Abschnitts ist es, durch die Auswahl mit diesem Forschungsprojekt nah verwandter Literatur die Bandbreite an Möglichkeiten im Bereich der Datenanalysen in diesem Kontext zu erschließen und mögliche Richtungen aufzuzeigen.

3.3.1 Durchführung und Einsatz von Analysen in Lehrveranstaltungen

Wie bereits in Abschnitt 2.1.3 ausgeführt, lassen sich die Anteile dieser Arbeit, welche sich mit der Analyse von Lehrveranstaltungen befassen, vorrangig dem Forschungsgebiet LA zuordnen. Zunächst wird LA in diesem Abschnitt näher betrachtet, um essenzielle Konzepte, Methoden und Prozesse aus der Literatur herauszuarbeiten. Anschließend werden konkrete Beispiele aus der Literatur angeführt, die zeigen, inwiefern Datenanalysen zur Untersuchung von Lerndaten sowie -strategien eingesetzt werden und wie die Ergebnisse zur Verbesserung der Lehr- und Lernerfahrungen sowie den Umgebungen genutzt werden können.

Learning Analytics (LA)

Mit [de-Menéndez u. a. 2022] wurde eine Arbeit veröffentlicht, welche den Stand der Forschung (des Jahres 2022) für LA ausführlich darstellt. Durch eine umfassende Literaturuntersuchung verschaffen die AutorInnen einen Überblick über die Anwendungen, Ergebnisse und Möglichkeiten. Unter anderem arbeiten sie Kontexte heraus, in denen LA eingesetzt wird (s. [de-Menéndez u. a. 2022, Fig. 1]), nennen vier grundlegende Formen (s. [de-Menéndez u. a. 2022, Table 4]; deskriptiv, diagnostisch, prädiktiv und präskriptiv) und

⁴⁰ISO/IEC 12207:2008 2008.

⁴¹Der Standard wurde mittlerweile in einer überarbeiteten Fassung als [ISO/IEC/IEEE 12207:2017] veröffentlicht.

führen die in [Aldowah u. a. 2019] identifizierten vier Klassen an (s. u.). Außerdem beinhaltet die Veröffentlichung eine Liste von 13 allgemeinen Herausforderungen (s. [de-Menéndez u. a. 2022, S. 1226 (18)]), welche bei dem Einsatz von LA überwunden werden müssen. Inwiefern das hier entwickelte Rahmenwerk die Herausforderungen adressiert, wird auf Seite 426 ff. untersucht.

Klassen von Analysen In [Aldowah u. a. 2019, Fig. 3] wird ein Schema vorgestellt, welches die Autoren zur Einordnung vorhandener Literatur gewählt haben, um die Übersichtlichkeit ihrer umfassenden Literaturuntersuchung zu steigern. Sie nutzen in diesem Schema die folgenden vier Klassen (bzw. Dimensionen), in denen Arbeiten im LA Kontext veröffentlicht wurden (frei übersetzt aus dem Englischen [Aldowah u. a. 2019, S. 16–17]):

- **„Computergestützte Lernanalytik** nutzt die statistische Analyse von Daten zur Durchführung anspruchsvoller analytischer Aufgaben, um das Verhalten der Teilnehmenden bei der Informationssuche und beim kollaborativen Lernen in einem Kurskontext zu analysieren.
- **Computergestützte prädiktive Analytik** nutzt prädiktive Funktionen oder kontinuierliche Variablen, um wirksame Wege zur Verbesserung des Lernens und der Leistungen der Teilnehmenden vorzuschlagen und die Angemessenheit des Lernmaterials zu bewerten.
- **Computergestützte Verhaltensanalyse** identifiziert Modelle für das Verhalten, die Handlungen und das Wissen der Teilnehmenden.
- **Computergestützte Visualisierungsanalyse** verwendet Methoden zur visuellen Untersuchung von Daten (mit interaktiven Diagrammen), um nützliche Informationen hervorzuheben und genaue datengestützte Entscheidungen zu treffen.“

Wie stark diese einzelnen Bereiche von dem hier entwickelten Rahmenwerk berücksichtigt werden konnten, wird auf Seite 426 ff. erörtert.

Kritische Dimensionen In [Greller und Drachsler 2012] werden sechs grundlegende kritische Dimensionen von LA benannt und zu einem Rahmenwerk komponiert (s. Abbildung 3.2).

In [Greller und Drachsler 2012] sind die sechs Dimensionen detailliert aufgeführt. Im Folgenden wird eine stark verkürzte Beschreibung gegeben:

- **Zielgruppen:** Die Personen werden in *data subjects* (diejenigen, deren Daten untersucht werden) und *data clients* (diejenigen, welche die Informationen aus den Daten nutzen wollen) eingeteilt.
- **Ziele:** Aufdecken bisher versteckter Informationen und deren Aufbereitung für die jeweiligen Zielgruppen. *Reflection* als kritische Selbstevaluation. *Prediction* für frühzeitige Interventionen oder Anpassungen.
- **Bildungsdaten:** Daten, die von den Lehr- und Lernumgebungen aufgezeichnet werden.
- **Technologien:** Verfahren, die eingesetzt werden, um die Daten zu verarbeiten und zu analysieren.
- **Bedingungen:** Limitierende Normen, Regeln und Gesetze, die eingehalten werden müssen.
- **Kompetenzen:** Limitierende Fähigkeiten, die ggf. ausgebildet werden müssen.



Abbildung 3.2: Kritische Dimensionen von *Learning Analytics*, komponiert als ein Rahmenwerk von [Greller und Drachsler 2012]. Frei aus dem Englischen übersetzt und übernommen von [Ifenthaler und Drachsler 2020, Abb. 2, S. 518].

Ihr Rahmenwerk beschreibt weiter, dass aus dem Einsatz von LA pädagogische Konsequenzen abgeleitet werden müssen, welche Einfluss auf das pädagogische Verhalten haben sollten.

Diese Dimensionen sollen bei der Entwicklung des LLUA-Rahmenwerks berücksichtigt werden.

Referenzmodell Außerdem wurde im gleichen Jahr (2012) wie das Rahmenwerk der kritischen Dimensionen von [Chatti u. a. 2012] ein Referenzmodell veröffentlicht, welches von nachfolgender Literatur aufgegriffen wurde (s. Abbildung 3.3).

Das Referenzmodell besteht aus vier Dimensionen, welche durch die folgenden Fragen aufgespannt werden (frei übersetzt aus dem Englischen [Chatti u. a. 2012, S. 6]):

- „Was?: Welche Art von Daten sammelt, verwaltet und verwendet das System für die Analyse?
- Wer?: An wen richten sich die Analysen?
- Warum?: Warum analysiert das System die gesammelten Daten?
- Wie?: Wie führt das System die Analyse der gesammelten Daten durch?“

Diese vier Dimensionen werden jeweils von äußeren Gegebenheiten und Anforderungen beeinflusst, welche sich in Teilen mit denen der sechs kritischen Dimensionen von [Greller und Drachsler 2012] überschneiden (Was?: Bildungsdaten; Wer?: Zielgruppen, Bedingungen, Kompetenzen; Warum?: Ziele; Wie?: Technologien). Was dieses Referenzmodell stärker hervorhebt, ist die Datensammlung und -vorverarbeitung.

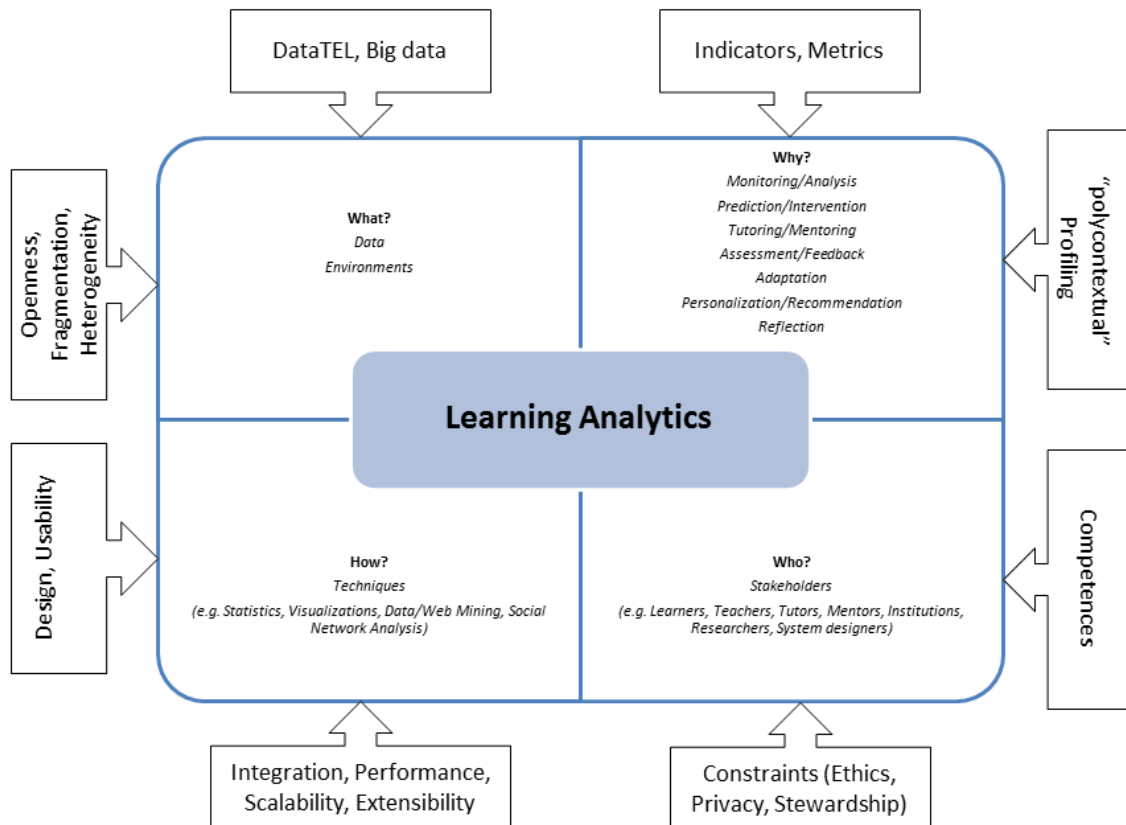


Abbildung 3.3: *Learning Analytics* Referenzmodell [Chatti u. a. 2012, Figure 2, S. 7].

Die vier Fragen sollen ebenfalls bei der Entwicklung des LLUA-Rahmenwerks berücksichtigt werden.

Ebenen von Zielgruppen und Informationsfluss In [Ifenthaler und Widanapathirana 2014] werden die folgenden vier Ebenen von Zielgruppen beschrieben, an welche sich LA richten kann [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021]:

- *Mega*: Regierung/Verwaltung
- *Macro*: Institution/Hochschule
- *Meso*: Dozenten/Lehrende
- *Micro*: Studierende/Lernende

Die Informationen können dabei jeweils in beide Richtungen von Ebene zu Ebene fließen und auf jeder Ebene werden Forschungen betrieben. Außerdem legen die Autoren Wert darauf, dass durch LA auf jeder dieser Ebenen eine Selbstreflexion angeregt/ermöglicht wird.

Da das LLUA-Rahmenwerk zur Unterstützung projektbasierter Lehrveranstaltungen entwickelt wird, adressiert es die Meso und die Micro Ebene.

Prozesse (Vorgehensmodelle) Im Kontext von LA lassen sich in der Literatur unterschiedlich detaillierte Prozesse finden, welche das Vorgehen beschreiben. So wird in [Elias

2011] z. B. das *Collective Application Model* von [Dron und Anderson 2009] herangezogen und auf dessen Basis ein kontinuierlicher Verbesserungszyklus entwickelt, welcher aus drei hauptsächlichen Schritten besteht: *Daten sammeln* (aufzeichnen und auswählen), *Informationen verarbeiten* (aggregieren und vorhersagen) und *Wissen einsetzen* (benutzen und verfeinern) besteht. Von [Chatti u. a. 2012] wird ebenfalls ein dreischrittiger Prozess vorgestellt, der die *Datensammlung und -vorverarbeitung*, *Analysen und Aktionen* sowie die *Nachbearbeitung* umfasst. [Pardo 2014] beschreibt für den LA Prozess die folgenden fünf Schritte: *Aufzeichnen*, *Berichten*, *Vorhersagen*, *Handeln* und *Verfeinern*. Unabhängig davon, wie detailliert die Prozesse geschildert werden, werden sie als Kreislauf – also als zyklischer bzw. iterativer Prozess – beschrieben.

Ein weiterer zyklischer Prozess, der auch die Zielgruppen (bzw. die *data subjects* und *data clients*) berücksichtigt und die Datenquellen sowie die Interpretation der Analyseergebnisse explizit aufführt, wird in [Romero und Ventura 2020] vorgestellt (s. Abbildung 3.4).

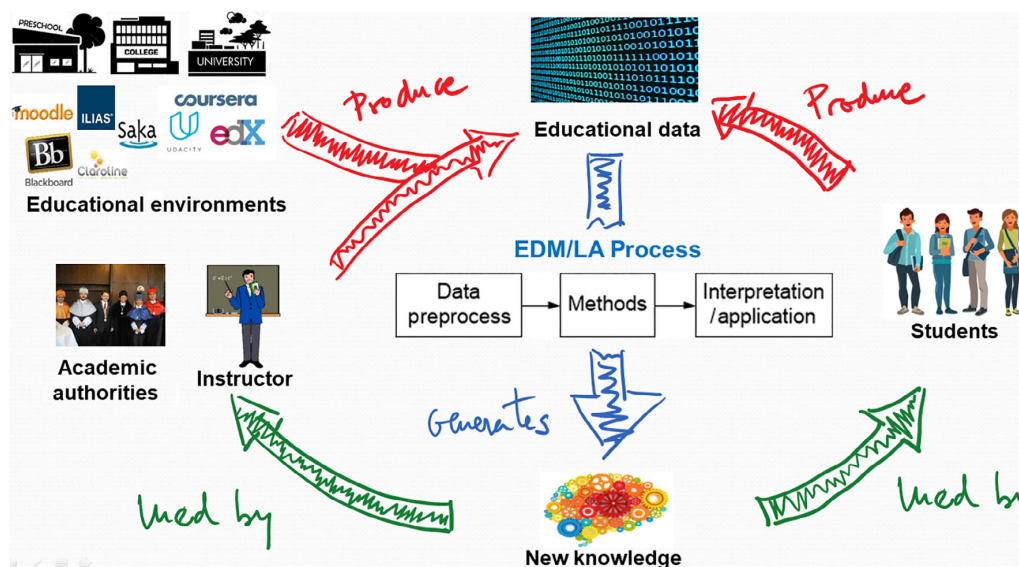


Abbildung 3.4: *Educational Data Mining/Learning Analytics* Zyklus der Informationsgewinnung [Romero und Ventura 2020, Figure 3, S. 8].

Diese Prozesse müssen bei der Entwicklung des Datenanalyseprozesses (Vorgehensmodell), welcher vom LLUA-Rahmenwerk propagiert werden soll, ihren Einfluss erhalten.

Ausgewählte Trends und Visionen LA (und teilweise *Educational Data Mining* (EDM)) Trends und Visionen der letzten Jahre wurden z. B. von den folgenden Arbeiten aufbereitet: [Ferguson u. a. 2016; Leitner u. a. 2017; de-Menéndez u. a. 2022; Muslim u. a. 2020; Peña-Ayala 2018; Rodrigues u. a. 2018; Shacklock 2016]. Um einen detaillierten Einblick in die aktuelle Forschungsbereiche und Innovationen in LA zu erlangen, kann die Buchreihe „Advances in Analytics for Learning and Teaching“ [Ifenthaler und Gibson 2025] dienen. In ihrem Rahmen sind seit 2020 umfangreiche Bücher herausgegeben worden.

Eine Initiative, die im Kontext von [Siemens u. a. 2011] eingebracht wurde, wird als *Open Learning Analytics* (OLA) bezeichnet und von der *Society of Learning Analytics Research* vorangetrieben. Zwar ist das Konzept *openness* noch nicht genau definiert, jedoch wird sich damit vorrangig auf *open-source* Software, welche offene Prozesse und Algorithmen

einsetzt und Plattformen bezogen, welche die einfache Integration eigener Werkzeuge und Methoden ermöglichen [Muslim u. a. 2020; Siemens u. a. 2011].

Ein weiterer Bereich betrifft die Förderung des *selbstregulierten Lernens*, besonders in *blended learning* Szenarien und der Nutzung von online Plattformen. Dies ist nicht nur für Hochschulen, sondern auch für Grundschulen von Interesse [Lee u. a. 2020].

[Lee u. a. 2020] haben außerdem aus der Literatur herausgearbeitet, dass LA am häufigsten in *Computer Science* (dt. Informatik) eingesetzt wird. Eine mögliche Vision wäre, dass LA auch in anderen Bereichen verstärkt Einzug erhält, wozu die Umgebungen so nutzbar gemacht werden müssten, dass auch Personen, die weniger Affinität für die Methoden und Werkzeuge als InformatikerInnen, aufweisen, Analysen durchführen können.⁴²

Neben notwendigen technischen Weiterentwicklungen, um z. B. den Umfang, die Vielfalt und die Geschwindigkeit bei der Entstehung von Bildungsdaten zu beherrschen, Daten in mehrere Datenquellen zu integrieren und dabei den Datenschutz und die Skalierbarkeit zu berücksichtigen [Muslim u. a. 2020], werden auch pädagogische Weiterentwicklungen gefordert. In diesem Zusammenhang sollten die Effekte von LA genauer untersucht, die Unterstützung der Lernenden [und Lehrenden] verstärkt in den Mittelpunkt gestellt und diese bei der Entwicklung von LA Umgebungen einbezogen werden [de-Menéndez u. a. 2022; Muslim u. a. 2020]. Letzteres wurde z. B. bei der Entwicklung der *OpenLAP* [Chatti u. a. 2020; Muslim 2018] adressiert. Insgesamt ist der Einsatz von LA in echten Projekten weiterhin gering [de-Menéndez u. a. 2022] und es bedarf einer Übertragung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis [Domínguez Figaredo u. a. 2020]. Um den Einsatz von LA in Form von Feedback oder Interventionen genauer zu untersuchen und zu verbessern, müssten mehr und größere Studien durchgeführt werden [Lee u. a. 2020]. Ein Vorgehensmodell, welches diese Absicht adressiert, wird in [Şahin und Yurdugül 2020] vorgestellt.

Die COVID-19 Pandemie hat zu einer Anhäufung von Daten von digitalen Lernumgebungen geführt, welche für sich und im Vergleich mit vorherigen Daten untersucht werden könnten [de-Menéndez u. a. 2022].

Beispiele für Datenanalysen von Lerndaten und -strategien

Nachdem im vorherigen Abschnitt die Grundlagen des Forschungsfelds LA rudimentär erschlossen wurden, werden hier konkrete Beispiele von Datenanalysen gegeben, die dazu dienen, Lerndaten und -strategien zu untersuchen. Ausgewählt werden Arbeiten, die Kernthemen behandeln und Absichten verfolgen, welche sich mit diesem Forschungsprojekt decken.

In [Mittal und Sureka 2014] präsentieren die AutorInnen einige Ergebnisse ihrer Analysen, die sie im Kontext einer universitären Lehrveranstaltung durchgeführt haben, welche die Softwareentwicklung im Team im Fokus hat. Diese Publikation berührt im Bereich der Datenanalyse außergewöhnlich viele Kernthemen dieses Forschungsprojekts. Ihre Absicht ist es, verwertbare Informationen zu gewinnen, um zur Verbesserung der akademischen Ergebnisse und der Lehr- und Lernmethodik beizutragen. Sie analysieren Daten von einem Versionskontrollsystem (VCS) und einem *Peer-Code-Review*-System sowie des eingesetzten Wikis und des *Issue Tracking System*. Die Datengrundlage wird durch *Event Logs*

⁴²Um das an dieser Stelle vorwegzunehmen, auch das LLUA-Rahmenwerk beschreibt seine Zielgruppen als technisch affine Personen, die im Idealfall über Vorwissen in den einzelnen Disziplinen verfügen (vgl. Abschnitt 8.2), und schließt diese Lücke nicht.

dieser Systeme gebildet. Während der Titel⁴³ vermuten lässt, dass als Analysedisziplin ausschließlich *Process Mining* (PM) zum Einsatz kommt, werden demgegenüber zusätzlich – im Sinne dieses Forschungsprojekts – typische Analyseverfahren aus dem Bereich *Business Intelligence* (BI) eingesetzt. Unter anderem finden sie auf diese Weise heraus, dass die Häufigkeit von Commits und die Erstellung von *Bug Tickets* kurz vor einer Deadline ansteigen. Außerdem untersuchen sie den Lebenszyklus eines Bug Tickets und stellen diesen als Prozess dar. Sie weisen darauf hin, dass die Datenanalysen vorsichtig zur Benotung genutzt werden sollten, da die Daten einfach gefälscht werden können, indem z. B. redundante oder nutzlose Commits und Tickets erstellt werden.

Datenvorverarbeitung Obwohl die Datenvorverarbeitung eine der ersten Tätigkeiten im Datenanalyseprozess ist, wurde ihr in der Vergangenheit in der Literatur wenig Aufmerksamkeit eingeräumt [Feldman-Maggor u. a. 2021; Romero u. a. 2014].

Von beiden oben zitierten Arbeiten wird jeweils ein Prozess vorgeschlagen, wie die Datenvorverarbeitung durchgeführt werden kann, welche in den Abbildungen 3.5 und 3.6 dargestellt sind.

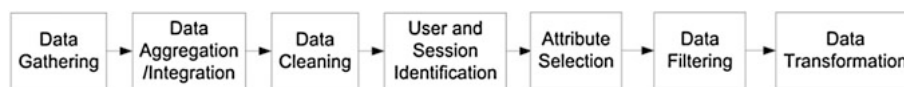


Abbildung 3.5: Hauptaufgaben beim Vorverarbeiten von Bildungsdaten [Romero u. a. 2014, Fig. 2.4, S. 40].

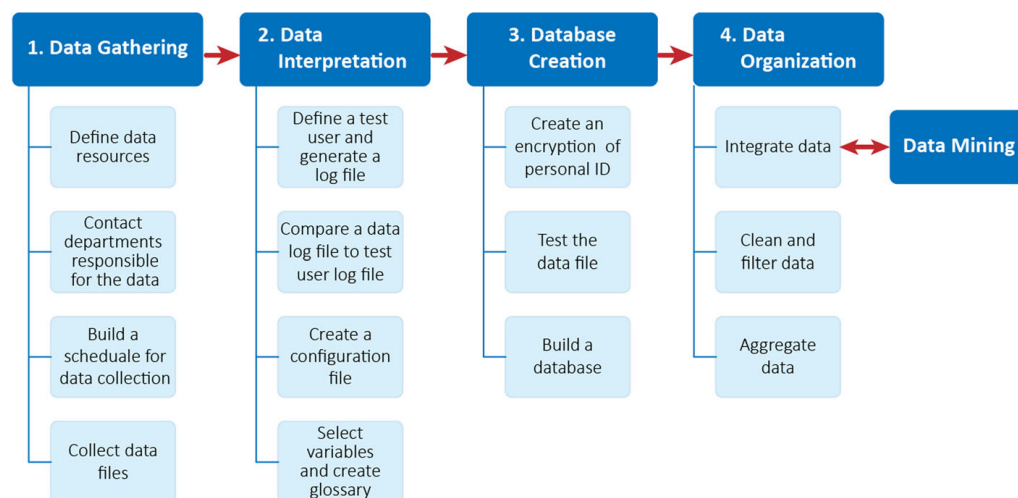


Abbildung 3.6: Eine schematische Beschreibung der vorgeschlagenen Stufen für die Datenvorverarbeitung [Feldman-Maggor u. a. 2021, Fig. 1, S. 1461].

Die beiden Prozesse unterscheiden sich zwar in ihrer Granularität und teilweise in der Reihenfolge ihrer einzelnen Schritte, heben jedoch beide ähnliche und wichtige Aktivitäten bei der Datenvorverarbeitung hervor. Beide dienen bei der Entwicklung des LLUA-

⁴³ „Process mining software repositories from student projects in an undergraduate software engineering course“

Rahmenwerks als (Teil-)Vorlage für die Entwicklung des Vorgehens im Datenanalyseprozess (Vorgehensmodell).

Ergänzend dazu wird in [Ducange u. a. 2017] der Ausgangspunkt der Datenvorverarbeitung untersucht, nämlich, welche Daten durch virtuelle Lernumgebungen generell aufgezeichnet werden. Die Autoren nutzen dafür vier Schichten, welche sie von [Avgeriou u. a. 2003] übernommen haben, und nehmen die folgende Einordnung vor (s. [Ducange u. a. 2017, Fig. 1]):

- Anwendungsspezifische Schicht: Administratives-, Kurs- und BenutzerInnenmanagement, Lernmaterialien bereitstellen, Unterstützung für Studierende
- Anwendungsübergreifende Schicht: Kommunikationsdienste, Teilen von Dokumenten, Inhalte verpacken, Verwaltung von Geschäftsobjekten und Metadaten
- Middleware-Schicht: Webserver, Datenbankmanagementsystem, Java Virtual Machine, FTP Server
- Systemsoftware-Schicht: Betriebssystem, TCP/IP Stack

Business Intelligence (BI) Niall Sclatar hat bereits im Jahr 2014 in einem online Artikel [Sclater 2014] geschrieben, dass viele Universitäten und Colleges damit beginnen, die Lernerfahrungen von Studierenden mittels generischer BI Systemen zu analysieren. In [Apraksin u. a. 2018] wird LA außerdem als Konzept von BI bezeichnet und es wird untersucht, inwiefern LA als Teil eines BI Systems eingesetzt werden kann.

Zwei Bachelorarbeiten [Gücük 2023; Simic 2023], die im Kontext dieses Forschungsprojekts und unter Anleitung des Autors dieser Arbeit sowie mit seiner Unterstützung durchgeführt worden sind, haben sich näher mit dem Einsatz von BI Praktiken im Rahmen von projektbasierten Lehrveranstaltungen auseinandergesetzt. Während [Gücük 2023] erste Ansätze für die Aufbereitung und Analyse von Daten in „Echtzeit“ bereitstellt, liegt der Fokus in [Simic 2023] auf der Erprobung von BI-typischen Darstellungsformen, der Entwicklung von *Dashboards* und besonders dem Einsatz in projektbasierten Lehrveranstaltungen (in Kombination mit PM). Es konnte gezeigt werden, dass sich mit diesen Praktiken wertvolle Anpassungsvorschläge für die Veranstaltenden und Teilnehmenden generieren und sich deren Auswirkungen im Anschluss mit den im Kontext von [Simic 2023] entwickelten Ansätzen untersuchen ließen.

Um die Daten, u. a. Testergebnisse, zu strukturieren, wählen die Autoren von [Riofrio u. a. 2015] ein Sternschema, welches sie in einem *Data Warehouse* (DWH) anlegen. Die Daten werden mittels eines ETL-Prozesses verarbeitet und das DWH auf diese Weise gefüllt. Zwar nutzen sie zur Identifikation von Faktoren, die maßgeblich dafür sind, ob Studierende ihr Studium abbrechen oder abschließen, keine BI typischen Verfahren, jedoch schlagen sie mit ihrem Ansatz ein Vorgehen vor, wie einzelne BI Konzepte im Kontext von LA gewinnbringend eingesetzt werden können.

[Cacatian u. a. 2015] haben umfangreiche Daten aus LMS gesammelt und diese analysiert, um das Verhalten und damit auch die Leistungen der Teilnehmenden zu verbessern. Sie analysieren z. B. die Zusammenhänge zwischen Noten und der Anzahl von Events, an wie vielen Tagen die Teilnehmenden aktiv waren, wie viele Videos sie angeschaut, wie viele Texte sie eingesehen und wie viele Forumsbeiträge sie erstellt haben. Dargestellt werden diese mittels in BI gängiger Flächen- und Netzdiagrammen.

Um u. a. herauszufinden, wie viel Zeit die Teilnehmenden in das Erlernen der Programmierung in einem Python basierten Einführungskurs (*CS1*) investieren, analysieren

die AutorInnen von [Bart u. a. 2020] Daten, die mittels einer webbasierten Programmierumgebung gesammelt werden (es werden u. a. Tastenanschläge aufgezeichnet). Sie wollen damit korrekte und fehlerhafte Einreichungen analysieren, zeitliches Engagement und Prokrastination identifizieren sowie Abschnitte auffinden, in welchen sie die Lehrveranstaltung beschleunigen oder verbessern können. Zur Darstellung nutzen sie neben Säulendiagrammen auch in BI typische Streu- bzw. Punktdiagramme (angereichert mit seitlichen Säulendiagrammen) sowie Kerzendiagramme.

Die Autoren von [Şahin und Ifenthaler 2021b] präsentierten im Jahr 2021 eine systematische Literaturrecherche, welche den Fokus auf die Visualisierungen und Dashboards für LA legt. Als Visualisierungstechniken beschreiben sie u. a. BI typische Darstellungen. Außerdem lassen sich in dem Buch [Şahin und Ifenthaler 2021a], in welchem der oben genannte Artikel (als Kapitel) erschienen ist, weitere Artikel finden, in welchen gängige BI Praktiken angewendet werden. Weitere konkrete Visualisierungen/Dashboards/Werkzeuge/Softwareanwendungen/Umgebungen werden im Abschnitt 3.3.3 besprochen.

Process Mining (PM) PM wird im Kontext von Lehre und Lernen in der Literatur häufig als *Educational Process Mining* (EPM) bezeichnet. Die Autoren von [Ghazal u. a. 2017] geben einen Überblick publizierter Studien, die EPM Techniken auf echte Daten anwenden. Sie zeigen dabei das Potenzial von EPM in der Lehre und beim Lernen auf.

In [Bogarín u. a. 2018] werden neben allgemeinen Techniken bei der Anwendung von PM auch Herausforderungen, die beim Umgang mit Event Logs entstehen können, aus der Literatur extrahiert. Außerdem werden die Ziele etlicher Studien benannt und ihre Anwendungskontexte, ihre gewählten Verfahren bzw. Algorithmen sowie eingesetzten Visualisierungen beschrieben.

Eine neuere Studie wurde im Jahr 2022 veröffentlicht [Sypsas und Kalles 2022], in welcher die Autoren die Literatur hinsichtlich der Anwendungen und Techniken von PM in der Lehre und beim Lernen untersuchen. Sie fanden heraus, dass PM vorrangig auf Daten von LMS, online Kursen und E-Learning Umgebungen angewendet wird. In Relation gesehen, wird PM in kollaborativen online Umgebungen nur wenig eingesetzt (vgl. [Sypsas und Kalles 2022, Figure 2]).

Eine Möglichkeit der Anwendung von PM auf Teile einer solchen Umgebung, ist z. B. die Analyse der Log Daten von Versionskontrollsystemen (VCS), in welchen der Programmcode verwaltet wird. Die AutorInnen von [Macak u. a. 2021] benutzen PM um auf der Grundlage von Git⁴⁴ Log⁴⁵ Daten die Entwicklungsprozesse der Teilnehmenden einer **praxisorientierten Softwareentwicklungslehrveranstaltung** besser zu verstehen. Sie untersuchen und beschreiben, wie sie die Daten für PM nutzbar machen können, welche Charakteristiken die Daten aufweisen und inwiefern PM ihnen dabei geholfen hat, die Prozesse besser zu verstehen. Die gewonnenen Informationen haben zu konkreten Anpassungsvorschlägen für die Veranstaltenden geführt, u. a. welche Lerninhalte sie den Teilnehmenden in Bezug auf die Benutzung eines VCS verstärkt vermitteln sollten.

Auch in [Dumbach u. a. 2020] wird PM zur Untersuchung von Daten eines VCS angewendet, allerdings nutzen die Autoren dazu den Event Log von GitLab⁴⁶ und schließen

⁴⁴<https://git-scm.com/>, besucht am 31.01.2024

⁴⁵<https://git-scm.com/docs/git-log>, besucht am 31.01.2024

⁴⁶GitLab B.V. 2024.

somit auch Events der erstellten *Issues* und Wiki-Einträge mit ein. Für PM setzen sie Disco⁴⁷ ein.

In der Literatur wird PM häufig dazu genutzt **Lernpfade** zu identifizieren. [Aalst u. a. 2015] untersuchen Lernpfade von Teilnehmenden beim Anschauen von Lehrvideos. Sie vergleichen die Prozesse von Teilnehmenden, welche die Lehrveranstaltung erfolgreich abgeschlossen haben, und von Teilnehmenden, welche die Lehrveranstaltung nicht erfolgreich abgeschlossen haben. Um die Event Logs zu filtern (in Dimensionen einzuteilen), nutzen sie sogenannte *Process Cubes*, welche dem OLAP Cube (s. Seite 29) ähneln.

In [Awatef u. a. 2015] nutzen die AutorInnen PM, um Daten von *professional trainings* (Fortbildungen) zu untersuchen. Um herauszufinden, wie lange die Lernenden für einen Lernpfad benötigen, wo die Engpässe sind und ob z. B. weitere Lehrende oder Lernmaterialien benötigt werden, führen sie mit dem PM Werkzeug ProM⁴⁸ eine Performanzanalyse durch.

Die AutorInnen von „Process mining application for discovering student learning paths“ haben die Absicht, das Lernen stärker (z. B. hinsichtlich des Vorwissens) zu individualisieren. Sie nutzen PM dazu, um die Lernpfade über Lernmodule unterschiedlicher Gruppen von Teilnehmenden zu gewinnen und diese zu visualisieren. Darauf führen sie u. a. *Conformance Checking* (s. Seite 32) durch, um festzustellen, ob die Teilnehmenden die Reihenfolge zwischen einigen Lernmodulen eingehalten haben.

In [Moreno u. a. 2021] werden die Daten eines LMS unterschiedlicher Lehrveranstaltungen mittels PM untersucht. Die AutorInnen ermitteln ebenfalls die Bearbeitungsreihenfolge der einzelnen Lernmodule. Im Kontext dieses Forschungsprojekts ist besonders interessant, dass sie dieses Vorgehen auch auf eine Lehrveranstaltung anwenden, in welcher *Data Analytics* gelehrt wird.

Auch in [Dolak 2019] wird PM auf ein LMS (Moodle⁴⁹) angewendet. Als Werkzeug wird Disco [Fluxicon 2024a] eingesetzt und es werden die unterschiedlichen Varianten der Prozesse untersucht. Positiv hervorzuheben ist, dass der Autor auf die Datenvorverarbeitung eingeht und beschreibt, wie er die einzelnen Attribute bzw. Spalten in Disco definiert.

In z. B. [Wang u. a. 2019] wird PM eingesetzt, um den **Lerneffekt** von Teilnehmenden bei Modellierungsaufgaben zu bewerten. Dazu wird eine Plattform Namens *BJUTModeling* entwickelt und eingesetzt, die das Modellieren und die automatische Aufzeichnung von Events beim Modellieren ermöglicht. Mittels PM gewinnen sie die Pfade der einzelnen Teilnehmenden, entwickeln daraus anschließend Features (Merkmale) und identifizieren häufig vorkommende sequenzielle Muster. Durch dieses Vorgehen gewinnen sie aufschlussreiche Informationen über das Lernverhalten der Teilnehmenden.

Die Autoren von [Doberstein u. a. 2019] präsentieren einen Ansatz, wie auf der Grundlage von Daten eines Forums und eines Wikis die Qualität der Gruppenarbeit von Teilnehmenden beschrieben werden kann. Sie klassifizieren dazu ähnliche **Aktivitätssequenzen** und können so Muster benennen, welche z. B. für Produktivität, faire Arbeitsverteilung und Zufriedenheit in der Gruppe sprechen.

Die AutorInnen von [Ardimento u. a. 2022] nutzen PM, um die **Dynamik von Teilnehmenden und Teams** in einer Softwareentwicklungslehrrveranstaltung besser zu verstehen. Sie nutzen dazu Daten, die von der integrierten Softwareentwicklungsumgebung (engl.

⁴⁷Fluxicon 2024a.

⁴⁸ProM Tools 2024c.

⁴⁹<https://moodle.org/>, besucht am 31.01.2024

Integrated Development Environment (IDE)) und dem VCS aufgezeichnet werden. Für die Analyse nutzen sie ProM (*Declare Miner*) und können so z. B. Unterschiede im Verhalten der TeamleiterInnen und der anderen Teammitglieder feststellen.

PM kann z. B. auch dafür eingesetzt werden, um **Noten** bei computergestützten Prüfungen zu generieren und eine „Schummelkontrolle“ durchzuführen, wie in [Baykasoglu u. a. 2018] beschrieben wird. Die AutorInnen präsentieren den Prozess des besten Teilnehmenden und des schlechtesten Teilnehmenden und nutzen für die Gewinnung und die Visualisierung Disco. Zur Bewertung entwickeln sie fünf Hauptmerkmale anhand derer sie die Teilnehmenden vergleichen. Anschließend vergleichen sie die generierten Noten mit denen, welche die Veranstaltenden durch manuelle Korrekturen festgelegt haben. Die AutorInnen halten fest, dass ihre statistische Analyse einen starken positiven Zusammenhang zwischen den automatisch generierten und den manuell erstellten Noten zeigt. Die „Schummelkontrolle“ basiert ebenfalls auf der Ähnlichkeit von (Spaghetti-) Prozessen – besonders wenn die verdächtigen Teilnehmenden (beide) zusätzlich schlechte Noten erzielen.

Eine vollständig andere Absicht verfolgen z. B. die AutorInnen von [Vidal u. a. 2016]. Ihr Ziel ist es, Module aus virtuellen Lernumgebungen (VLE) **wiederverwendbar** zu machen, indem sie aus den Logs einer VLE Prozesse gewinnen, diese in das standardisierte Format *IMS LD* umwandeln und anschließend in andere VLE importieren.

Sonstige Analysen Im Folgenden werden einige publizierte Analysen zusammengetragen, welche im Kontext der Lehre und des Lernens durchgeführt wurden und sich – im Sinne dieses Forschungsprojekts – nicht in die Bereiche klassischer BI Praktiken und PM einordnen lassen. Deren Kernthemen und Absichten weisen im Rahmen dieses Forschungsprojekts jedoch eine besondere Relevanz auf.

Das erste Kernthema ist die **Untersuchung des Engagements** der Teilnehmenden. Eine Möglichkeit, das Engagement zu bewerten, ist die Untersuchung der Leistungen bzw. der Aktivitäten.

Ein Überblick zur Untersuchung der Leistung von Teilnehmenden mittels *Data Mining* Techniken wird in [Ukwuoma u. a. 2019] gegeben. In [Hooshyar u. a. 2020] wird z. B. ein Algorithmus vorgestellt, der die Performanz von Teilnehmenden bewertet, um frühzeitig potenzielle Prokrastination vorherzusagen. Dazu nutzen sie die Daten, die von den Teilnehmenden beim Bearbeiten von Aufgaben (im LMS Moodle⁵⁰) entstehen. Während in diesem Forschungsprojekt keine algorithmischen Vorhersagen getroffen werden, so besteht dennoch das Bestreben, das Engagement der Teilnehmenden zu bewerten und Prokrastination frühzeitig zu erkennen.

In [Ortega u. a. 2014] wird ein weicher Klassifizierungsansatz benutzt, um aktive, nicht aktive, kollaborative und passive Teilnehmende zu identifizieren. Außerdem zeigen sie die Entwicklung der Klassifizierung über die Laufzeit der Lehrveranstaltung auf. Als Grundlagen nutzen sie Daten aus einem Forum (Anzahl von gelesenen Threads, beantwortete Threads und Erstellung neuer Threads pro Person).

[Tempelaar u. a. 2020] messen das Engagement der Teilnehmenden beim Lernen und nutzen dafür ein zweischrittiges Klassifizierungsverfahren. Sie spannen dazu vier Dimensionen von Engagement auf: zeitliche, verhaltensbezogene, affektive und kognitive Aspekte. Sie zeigen u. a., dass frühes Engagement im Kurs signifikant mit der Leistung im Kurs

⁵⁰<https://moodle.org/>, besucht am 31.01.2024

einhergeht, während spätes Engagement eine geringere Korrelation aufweist. Außerdem weisen sie auf die Wichtigkeit individueller Besprechungen oder Interventionen hin.

In [Tarmazdi u. a. 2015] werden vorrangig Netzdiagramme eingesetzt, um das online Teamwork von Gruppen einer Informatiklehrveranstaltung zu untersuchen/visualisieren. Sie stellen *The Teamwork Dashboard* vor, welches in Echtzeit die Zusammenarbeit der erkannten Rollen der einzelnen Teilnehmenden und die Stärke der Diskussionsinitiative der einzelnen Gruppen darstellt. Die Informationen gewinnen sie mittels textbasierter Analysen. Sie weisen darauf hin, dass in Zukunft u. a. die Auswirkungen der Nutzung des Dashboards untersucht werden sollten.

Ein weiteres Kernthema ist die **Untersuchung des Vorgehens** der Teilnehmenden. In [Allen u. a. 2019] werden auf der Grundlage sehr detaillierter Daten (Lesen, Anschauen von Videos, Handlungen in Übungsaufgaben, Aktionen bei Praxisaufgaben und Handlungen in benoteten Aufgaben) Lernstrategien identifiziert und klassifiziert. Dies soll dazu beitragen, dass die Veranstaltenden ihre Lehrveranstaltungen besser an die Lernstrategien der Teilnehmenden anpassen können.

Um das Verhalten von Teilnehmenden beim Lernen von Programmieren zu untersuchen und zu visualisieren, setzt [Blikstein 2011] ein eigens entwickeltes Werkzeug (*Event Navigator*) ein, um bestimmte Zeitpunkte genauer zu untersuchen und daraus Rückschlüsse zu ziehen. Als Datengrundlage dienen Log-Dateien, die von der Programmierumgebung *NetLogo* aufgezeichnet werden.

Um das Verhalten von Teilnehmenden zu modellieren, wird außerdem *Multimodal Learning Analytics* eingesetzt. In diesem Kontext werden z. B. Videodaten (Bewegungen und Gesten) analysiert. In [Andrade u. a. 2016] wird untersucht, wie sich die Auswertung solcher Videodaten verbessern lässt.

Um Sequenzen der Problemlösungsstrategien von Teilnehmenden zu analysieren und zu klassifizieren, wurde in [Kleinman u. a. 2022] ein Ansatz präsentiert, der die Visualisierung solcher Sequenzen ermöglicht. Ihre Absicht ist es, die Daten für die Zielpersonen verständlicher aufzubereiten, sodass diese ein eigenes Verständnis gewinnen können, ohne ausschließlich auf die statistisch erzeugten Ergebnisse zurückgreifen zu können. Die Veranstaltenden sollen außerdem in die Lage versetzt werden, die erstellten Modelle besser zu verstehen, indem sie diese selbst an der Erstellung mitwirken.

Das hier aufgenommene dritte Kernthema ist die **Untersuchung des sozialen Verhaltens**. In einer kooperativen webbasierten Lernumgebung analysieren [Chen u. a. 2008] die Interaktionen zwischen den Teilnehmenden, um so besonders aktive Teilnehmende zusammenzubringen, damit sie sich gegenseitig unterstützen können. Mit anderen Worten versuchen sie auf der Grundlage eines sozialen Netzwerks geeignete LernpartnerInnen vorzuschlagen. Zur Erstellung des sozialen Netzwerks berechnen sie u. a. den *Interactive Score* und den *Social Score* der Teilnehmenden.

Beispiele für den Einsatz (Feedback/Interventionen) von Datenanalysen

Ohne die aus Datenanalysen gewonnenen Informationen einzusetzen, können sie nicht ihren Nutzen entfalten. In der Lehre ist das Geben von Rückmeldungen (Feedback) ein fest eingebettetes Konzept.

Der Autor von [Clow 2012] betont die **Wichtigkeit** von „Handlungen“ in Form von Interventionen im Datenanalyseprozess-/zyklus sowie die Herstellung von Transparenz.

Auch in den auf Seite 63 vorgestellten Prozessen nehmen die Handlungen einen wichtigen Stellenwert ein.

[Cavalcanti u. a. 2021] führen eine systematische Literaturuntersuchung durch, um u. a. herauszufinden, inwiefern automatische Feedbackmechanismen in online Lernumgebungen die Lehrenden entlasten. In diesem Zuge betonen sie die Herausforderung, individuelles Feedback zu geben. Auf der einen Seite kamen 46,03% der untersuchten Studien zu dem Schluss, dass es keine Evidenz dafür gibt, dass automatisierte Mechanismen die Arbeitslast der Lehrenden verringern. Auf der anderen Seite konnten 82,53% keine Evidenz dafür finden, dass manuelles Feedback besser ist als automatisiertes Feedback.

In [Tempelaar u. a. 2020] (bereits oben beschrieben) wird auf temporal relevante und individuelle Interventionen hingewiesen und wie diese frühzeitig positiv das Engagement der Studierenden beeinflussen können.

Konkretes Feedback wird z. B. in [Ardimento u. a. 2022] (bereits oben beschrieben) genannt. Die Veranstaltenden weisen die Teilnehmenden aufgrund von PM Analysen auf die folgenden Punkte hin: Sie sollten bei der Programmierung verstärkt auf unterstützende Funktionalitäten der IDE zurückgreifen (wie z. B. automatisierte Codegenerierung oder die Nutzung der Suchfunktion), häufigere und kleinere Commits machen und vermehrt die *Debugging* Funktionalitäten nutzen, um das Verhalten der zu entwickelnden Software bei Fehlern zu untersuchen.

In [Kippers u. a. 2018] werden u. a. **Herausforderungen** beschrieben, mit welchen sich Lehrende, während des Einsatzes von Analyseergebnissen konfrontiert sehen können. Um diesen Herausforderungen zu entgegnen, plädieren sie dafür, die Datenkompetenz (engl. *data literacy*) der Lehrenden zu steigern. Ein Weg könnte sein, die Lehrenden stärker am Datenanalyseprozess teilhaben zu lassen.

Dazu ergänzend passt die Publikation [Foster u. a. 2020], in welcher u. a. beschrieben wird, welche Kapazitäten die Lehrenden benötigen, um richtige Interventionen (Besprechungen) durchzuführen. Neben einer entsprechenden Umgebung mit welcher sich verlässliche Analyseergebnisse erzeugen lassen, weisen die AutorInnen auf die folgenden Fähigkeiten hin: Datenkompetenz, Kommunikationsgeschick, individuelle Betreuung und weitere zwischenmenschliche Fähigkeiten.

In [Corrin u. a. 2020] heben die AutorInnen die Wichtigkeit hervor, die positiven wie negativen Auswirkungen des Einsatzes von Datenanalysen im Lehr- und Lernumfeld zu messen und entsprechend zu bewerten.

Wie ein gutes **Vorgehen** für das Geben von Feedback entwickelt werden kann, wird in diesem Kontext in mehreren systematischen Literaturuntersuchungen adressiert (z. B. [Tepgeç und Ifenthaler 2022; Topali u. a. 2023]). Außerdem ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung des Analytics4Action Rahmenwerks [B. Rienties u. a. 2016; Bart Rienties u. a. 2017], welches den Fokus auf die Implementierung und Messung der Effektivität von Interventionen legt, sowie die Untersuchung der Effektivität von Dashboards und Interventionen von [Pokhrel und Awasthi 2021] hervorzuheben.

[Pokhrel und Awasthi 2021] betonen, dass Dashboards nicht nur sinnvoll sind, um die Datenanalysen zu verstehen, sondern auch, um sie zu kommunizieren – sie also während des Feedbacks bzw. der Intervention einzusetzen. Darüber hinaus formulieren sie weitere *Best Practices* für Interventionen.

Solche Dashboards können außerdem dafür eingesetzt werden, den einzelnen Teilnehmenden eines Teams Rückmeldungen zu ihrem Anteil an der Teamarbeit zu geben. Da-

durch kann die Zusammenarbeit in kollaborativen Lernszenarien positiv beeinflusst werden [Hawlitschek u. a. 2021].

3.3.2 Durchführung und Einsatz von Analysen in anderen Projekten

Um den Kontext einzugrenzen, in welchem sich die Projekte bewegen, werden hier aufgrund der Ähnlichkeit zu projektbasierten Lehrveranstaltungen in der Informatik, Datenanalysen von Softwareentwicklungsprojekten betrachtet. Es werden beispielhafte Analysen ausgewählt, die im Kontext dieses Forschungsprojekts eine besondere Relevanz aufweisen.

In der Literatur existiert der Oberbegriff *Mining Software Repositories* (kurz: MSR). Dieser wird von der gleichnamigen Konferenz mit dem folgenden Ziel in Zusammenhang gebracht (frei übersetzt aus dem Englischen [MSR23 2024]): „Verbesserung der Softwareentwicklungspraktiken durch die Gewinnung interessanter und nutzbarer Informationen über Softwaresysteme und -projekte unter Verwendung der großen Mengen an Softwaredaten, wie z. B. VCS, Fehlerverfolgungssysteme [Issue-Tracker], Code-Reviews, archivierte Kommunikation zwischen Projektmitglieder, Frage und Antwort Seiten, Continuous Integration Systemen und Laufzeitlemetrie.“ Der Begriff schließt somit nicht nur die Gewinnung von Informationen aus VCS ein (was zunächst vermutet werden könnte), sondern umfasst die Analyse nahezu aller Daten, die während der Softwareentwicklung und des Betriebs anfallen. Die genannte Konferenz ist darüber hinaus ein guter Startpunkt, um allgemeine, aktuelle Themen in diesem Bereich zu erschließen. Aktuell wird z. B. an den folgenden Themen geforscht:

- Anreicherung von Issue Tracker Daten und Anlegen geeigneter Datenschemata [Diamantopoulos u. a. 2023],
- Prozessanalysen von Workflows, die mittels GitHub Actions in GitHub ausgeführt werden [Valenzuela-Toledo u. a. 2023],
- Untersuchung der Kollaboration unter Entwicklern in Open Source Software Projekten [Sun u. a. 2023] und
- die Konsolidierung von Daten aus Atlassian Software Produkten in einen *Data Lake* [Friedman u. a. 2023].

In [Caldeira u. a. 2019] wird PM eingesetzt, um die Prozesse zu untersuchen, die von einzelnen Softwareentwicklungsteams innerhalb der IDE durchgeführt werden, während sie alle die gleiche Aufgabe bearbeiten. Dadurch wird u. a. herausgefunden, welche Teams am effizientesten vorgegangen sind. Die Teams, dessen Prozesse eine geringe Komplexität aufwiesen, haben außerdem die besten Ergebnisse erzielt.

Mit „Software Development Analytics in Practice: A Systematic Literature Review“ [Caldeira u. a. 2023] wurde eine ausführliche, systematische Literaturuntersuchung im Bereich *Software Development Analytics* publiziert. Diese fokussiert sich auf die folgenden Eigenschaften, anhand derer die untersuchten Studien Softwareprodukte/-projekte analysiert haben: Qualität, Anwendungsbereich, Zeit, Kosten, Wiederverwendbarkeit, Wartbarkeit, Weiterentwicklungsfähigkeit, Performanz, Sicherheit und Risiken. Unter anderem finden die AutorInnen heraus, dass nur in einer Studie [Mittal und Sureka 2014] PM eingesetzt wurde (in diesem Fall sogar zur Analyse von Bildungsdaten). Zeitmanagement und Kostenkontrolle standen selten im Fokus. In den häufigsten Fällen wird die Qualität von Software analysiert.

Ein großes Feld in diesem Bereich wird von der Absicht aufgespannt, Informationen aus den **Versionskontrollsystemen** (VCS) zu gewinnen, in welchen der Programmcode verwaltet wird (vgl. [Caldeira u. a. 2023]). Neben der bereits zuvor erwähnten aktuellen Publikation [Macak u. a. 2021], welche PM auf Git Logs einer Lehrveranstaltung anwendet, wurden ähnliche Ansätze zum besseren Verständnis der Prozess schon früh auch außerhalb der Lehre und des Lernens verfolgt (siehe z. B. [Kindler u. a. 2006; Scotto u. a. 2007]).

[Poncin u. a. 2011] gehen einen Schritt weiter und ergänzen die Events eines VCS mit denen aus der **E-Mail-Kommunikation** und der Nutzung eines **Ticketsystems**. Sie stellen außerdem ein Plugin für ProM vor, mit welchem sich diese Daten visualisieren lassen.

Bereits im Jahr 2014 haben die Autoren von [Sureka u. a. 2014] eine Arbeit veröffentlicht, in welcher sie PM (unter dem Schirmbegriff *Software Process Intelligence*) einsetzen, um Daten von Ticketsystemen, VCS, Code Review Systemen und Continuous Integration Werkzeugen zu analysieren. Diese Arbeit kann als eine Ergänzung zu [Mittal und Sureka 2014] (bereits oben vorgestellt) angesehen werden.

In einer kürzlich an der Universität Hamburg veröffentlichten Dissertation [Lüders 2023] steht die Verbesserung des Issue Managements in Softwareprojekten durch die Gewinnung und das Verstehen von Verbindungen zwischen den einzelnen **Issues** im Fokus. Dazu werden außerdem die Kommentare eines Issues mit einbezogen und nach Inhaltstypen kategorisiert. Zum Einsatz kommen hier nicht BI und PM, sondern Verfahren und Algorithmen aus u. a. den Bereichen Statistik, Klassifizierung und *Deep Learning*.

3.3.3 Rahmenwerke und Umgebungen für Datenanalysen in Lehrveranstaltungen

Das Ziel dieses Abschnitts ist es, die Umfänge und Fähigkeiten von ausgewählten Rahmenwerken und Umgebungen zu beschreiben, die mit diesem Forschungsprojekt eng verwandt sind.

Rahmenwerke

Die in der Literatur unter dem Begriff Rahmenwerk (Framework) zu findenden Beiträge werden hier in zwei Klassen einsortiert und entsprechend selektiert – Rahmenwerke anderer Art werden hier nicht betrachtet. (1) Das Rahmenwerk unterstützt die Entwicklung bzw. den Einsatz einer Softwareanwendung bzw. Umgebung, mit welcher Datenanalysen in Lehrveranstaltungen durchgeführt werden können und (2) das Rahmenwerk ist nach Auffassung dieses Forschungsprojekts ein Vorgehensmodell, welches beschreibt, wie für die Datenanalyse oder deren Umsetzung im Bildungsbereich vorgegangen werden kann.

In [Khalil u. a. 2022] wird eine systematische Literaturuntersuchung über Rahmenwerke im LA Kontext durchgeführt. Die AutorInnen differenzieren zwischen Rahmenwerken, Modellen und Architekturen. Während Rahmenwerke ihrer Auffassung nach wesentliche Elemente eines Sachverhalts und deren Beziehungen beschreiben, setzen Modelle das Vorhandensein eines impliziten oder expliziten Rahmenwerks voraus, da sie einen festgelegten Umfang und Ablauf von Operationen darstellen. Die Verwendung des von [Khalil u. a. 2022] gewählten Begriffs „Modelle“ ähnelt dem hier verwendeten Begriff „Vorgehensmodell“. Eine Architektur beschreibe Strukturen von Datenquellen, Daten und Analyseverfahren, um ein Modell oder ein Rahmenwerk zu realisieren (ähnelt dem hier verwendeten

Begriffs des „Entwurfs“). Außerdem präsentieren die AutorInnen ein Kodierungsschema, nach welchem sie die ausgewählten Rahmenwerke einordnen. Dieses wird bei der Evaluation des hier entwickelten Rahmenwerks ebenfalls zum Einsatz kommen (s. Tabelle 18.1, S. 429).

Entwicklung von Softwareanwendungen/Umgebungen Im Kontext der Dissertation [Soltanpoor 2018] wurde ein LA Rahmenwerk entwickelt, um einen ganzheitlichen Analyseansatz vorzuschlagen, mit welchem LA Softwareanwendungen entwickelt werden können. Das Rahmenwerk umfasst drei Ebenen (frei übersetzt aus dem Englischen [Soltanpoor 2018, S. 9 ff.]):

- „Die *konzeptionelle Ebene* befasst sich mit den allgemeinen und hochrangigen analytischen Techniken.
- Die *logische Ebene* konzentriert sich auf die Spezialisierungen der konzeptionellen Ebene, in dem vorliegenden Kontext also der Transfer auf die Analytik im Bereich der Bildung (*Learning Analytics*).
- Die *physikalische Schicht* berücksichtigt die Formalisierung und Implementierung der konzeptionellen und logischen Ebenen in realen Anwendungen.“

Mit [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021] wurde ein theoriebasiertes Rahmenwerk (DLAIS) publiziert, welches dabei unterstützen soll, *Learning Analytics Information Systems* (LAIS) zu entwerfen und vorhandene LAIS zu evaluieren. Dabei zielt das Rahmenwerk darauf ab, die Wechselbeziehungen zwischen der Gestaltung von Analysemöglichkeiten, dem Einsatz von Analyseergebnissen sowie den Theorien und Praktiken des Lehrens und Lernens zu berücksichtigen. Sie beabsichtigen damit, anstatt der Entwicklung von neuen Analysetechniken das Lernen in den Fokus zu rücken. Da DLAIS erst im Jahr 2021 erschienen ist, als sich für die Entwicklung des vorliegenden Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA bereits ein Vorgehen etabliert hatte, wurde die in dieser Arbeit präsentierte Entwicklung nicht explizit auf dieser Basis durchgeführt. Dennoch wurden viele der Inhalte berücksichtigt. DLAIS dient in der Evaluation dieser Arbeit zur systematischen Untersuchung der exemplarisch entwickelten LLUA (s. Seite 441).

Basierend auf dem für sie zugrunde liegenden LA Prozess (Aufzeichnen, Berichten, Vorhersagen, Handeln und Verfeinern; vgl. Seite 63) und den kritischen Dimensionen von LA (s. Abbildung 3.2) haben die Autoren das in Abbildung 3.7 dargestellte DLAIS-Rahmenwerk entwickelt. DLAIS beinhaltet die fünf iterativen Phasen, (1) Analyse, (2) Entwurf, (3) Entwicklung, (4) Implementierung und (5) Evaluation. In der Analysephase eignen sich die Designer Wissen aus der Literatur an und beobachten die Lehr- und Lernpraktiken, um so die Ziele des LAIS, auf welcher institutionellen Ebene (*Objects*) analysiert werden soll und welche Metriken zum Einsatz kommen sollen festzulegen. In der Entwurfsphase wird der Lehr- und Lernkontext, die zu analysierenden Personen (*Data client(s)*) und die Analyseergebnisse nutzenden Personen (*Data subject(s)*), der Analyseansatz und die beabsichtigen Inhalte und Kommunikationskanäle für die Berichterstattung definiert. Darauf basierend werden in der Entwicklungsphase technische Werkzeuge oder Methoden aus dem Datenanalysekontext ausgewählt und angewendet. In der Implementierung und der Evaluation des Entwurfs wird dann das Potenzial ausgeschöpft, Lehr- und Lernpraktiken anzupassen, indem neue Informationen über die untersuchten Bereiche gewonnen werden.

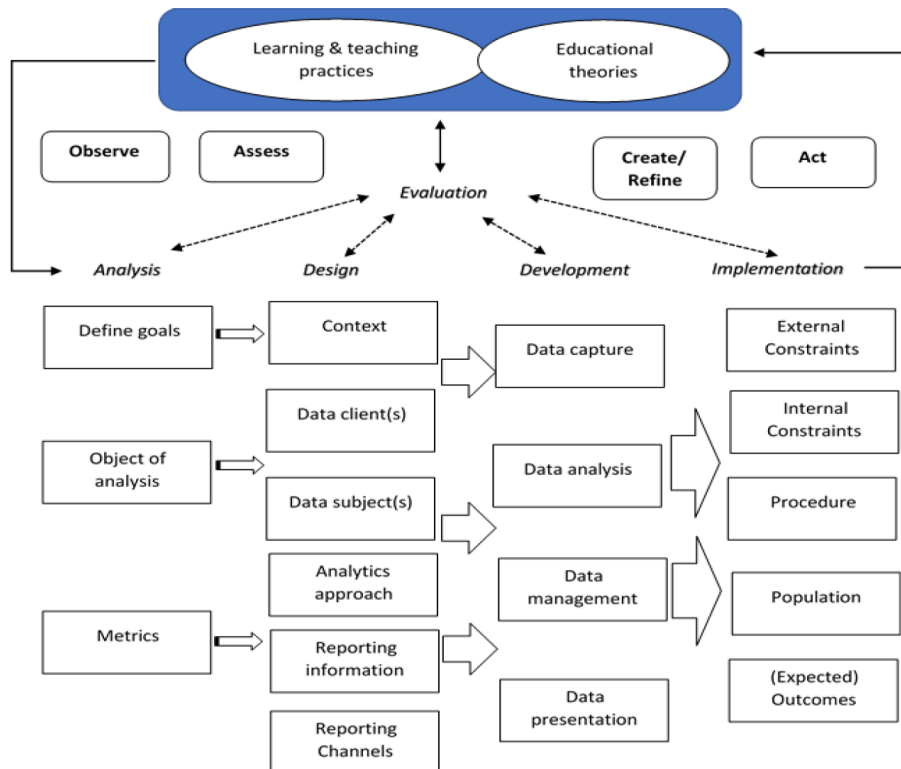


Abbildung 3.7: Ein Rahmenwerk für den Entwurf von *Learning Analytics Information Systems* (DLAIS) [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021, Figure 3, S. 8].

Eine ähnliche Bestrebung, wie in der vorherigen Publikation, wurde von den Autoren von [Whitelock-Wainwright u. a. 2017] geäußert. Ihre Absicht ist es, die Lernenden in den Fokus zu rücken. Dazu entwickeln sie ein konzeptionelles Rahmenwerk und eine Skala, die dabei unterstützen sollen, die Erwartungen an und die Wahrnehmung [Nutzen] von LA Dienstleistungen aus Sicht der Teilnehmenden zu bewerten. Das konzeptionelle Rahmenwerk sieht u. a. vor, dass die Teilnehmenden in die Entwicklung von Softwareanwendungen und Umgebungen eingebunden werden müssen, damit ihre Bedürfnisse entsprechend berücksichtigt werden.

In [Muslim 2018] wird eine Abbildung der *Jisc Open Learning Analytics Architecture* präsentiert. Die angegebene Originalquelle ist jedoch nicht mehr verfügbar. Dennoch, die präsentierte Architektur wird zwar nicht als Rahmenwerk angepriesen, soll aber dabei unterstützen, Umgebungen zu entwickeln, welche Bildungsdaten verarbeiten, analysieren und nutzbar machen. Die Architektur besteht aus drei Ebenen:

- Daten sammeln: Selbst angegebene Daten, Studentische Informationssysteme, virtuelle Lernumgebungen, Bibliothek u. ä.
- Daten analysieren und speichern: Ein DWH, welches die Lerndaten zentralisiert und eine zweite Komponente, welche LA Verfahren auf die Daten anwendet
- Präsentation und Handlung: Alarmierungs- und Interventionssystem, ein Dashboard für Angestellte, Zustimmungsdienst für Studierende, eine App für Studierende u. ä.

Eine weitere im Kontext dieses Forschungsprojekts relevante Architektur bzw. Infrastruktur wurde bereits im Jahr 2014 von [Hecking u. a. 2014] präsentiert. Die Autoren stellen eine agentenbasierte Infrastruktur vor, dessen Backend sie außerdem als Agentensystem implementiert haben. Durch die Einbringung und Verfolgung des Agentenkonzepts zielen sie darauf ab, die flexible Erweiterbarkeit zu unterstützen.

Vorgehensmodelle Das *LAVA*⁵¹ *Model* [Chatti u. a. 2020] beschreibt das Vorgehen anhand der vier Dimensionen aus dem LA Referenzmodell (s. Abbildung 3.3) und setzt die Menschen in das Zentrum der Analyse von Bildungsdaten (*Human in the Loop*). Für Letzteres setzt es vorrangig auf die Integration von menschlich wahrnehmbaren visuellen Analyseverfahren bzw. auf die Visualisierung von Analyseergebnissen. Im (auch in sich) zyklischen Prozess sieht es die folgenden Abschnitte vor: Lehr- und Lernaktivitäten durchführen, Daten aufzeichnen, Daten speichern und vorverarbeiten, Daten analysieren, Analyseergebnisse visualisieren, Wahrnehmung und Wissen abgleichen, weitere Exploration sowie Handlungen ableiten und umsetzen. Das *LAVA* Model ist in Abbildung 3.8 grafisch dargestellt.

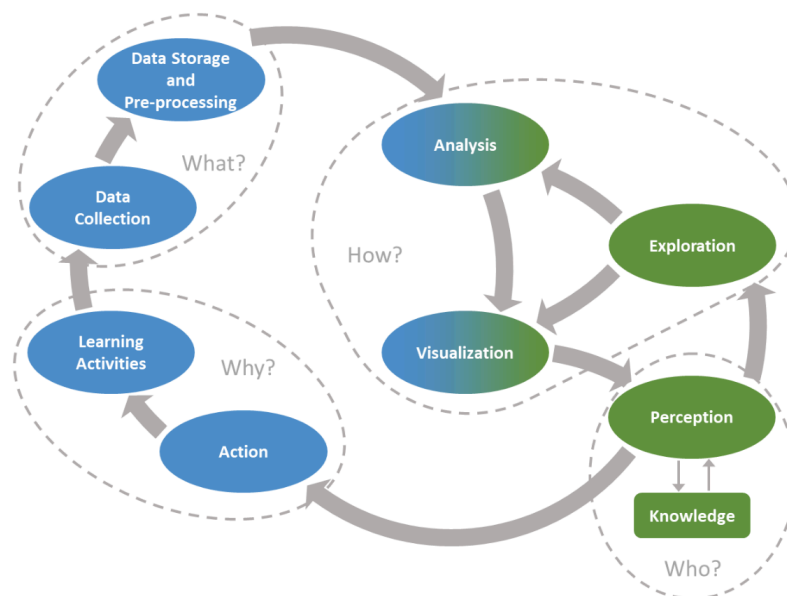


Abbildung 3.8: Das *LAVA* Model. [Chatti u. a. 2020, Figure 3, S. 5]

Ein weniger detailliertes Vorgehensmodell wird von [Joshi u. a. 2020] beschrieben, dieses ist jedoch – laut der AutorInnen – speziell auf problem- bzw. projektbasiertes Lernen zugeschnitten⁵². Es werden Daten für die Lösung eines Problemszenarios gesammelt (mittels des Moodle LMS). Dann wird LA auf die Daten angewendet und diese mit qualitativen Analysen ergänzt. Im Anschluss wird Feedback gesammelt und es werden quantitative Analysen durchgeführt, welche die Performanz der Teilnehmenden sowie die Beteiligung der Veranstaltenden untersuchen. Letzteres wird mit Aktivitäten und Feedback aus einer

⁵¹ *Learning Analytics and Visual Analytics*

⁵² Das ist der Grund, wieso das Vorgehensmodell hier aufgeführt wird. Es konnte nämlich kein anderes Vorgehensmodell gefunden werden, welches speziell auf diesen Kontext zugeschnitten ist.

Kontrollgruppe verglichen, welche das Problemszenario nicht mittels eines problembasier-ten Ansatzes lösen soll.

[Şahin und Yurdugül 2020] schlagen keinen konkreten Datenanalyseprozess vor und rücken das Ziel in den Mittelpunkt, ein wünschenswertes Verhalten der analysierten Personen (Veranstaltende und Teilnehmende) zu etablieren bzw. zu verstärken, um das Lehren und Lernen zu verbessern. Sie schlagen dafür einen dreischrittigen Prozess vor, der bereits vor dem Zeigen unerwünschten Verhaltens (Anzeichen gewonnen durch Datenanalysen) beginnt und Hinweise gibt, wie ein solches Verhalten vermieden werden kann ((1) *Prevention*). Während sich das Verhalten äußert, müssten Maßnahmen ergriffen werden, dieses Verhalten frühzeitig zu beeinflussen, also in die gewünschte Richtung zu lenken ((2) *Intervention*). Nachdem sich das Verhalten gezeigt hat, sei es ebenfalls notwendig Einfluss auszuüben, um einem solchen Verhalten in Zukunft vorzubeugen ((3) *Postvention*).

Unter dem Namen *Learning Analytics in 5 Steps: A Guide to the GDPR* [SURF 2020] hat ein niederländisches IT-Unternehmen (SURF) einen Leitfaden herausgebracht, welcher Hilfestellungen für die Einhaltung der allgemeinen Datenschutzverordnung der europäischen Union (engl. Abkürzung: GDPR) bei der Umsetzung von LA beinhaltet. Dieser beschreibt ein fünfschrittiges Vorgehen (*Preparation, Design, Assessment, Implementation, Evaluation*). Neben einer Beschreibung, wie die Daten aufgezeichnet und verarbeitet werden, raten sie zu einer umfassenden Dokumentation des gesamten LA Prozesses sowie zu einer ständigen Risikoanalyse und dem Abwägen von positiven und negativen Auswirkungen.

In [Villegas-Ch u. a. 2020] wird ein BI Vorgehen vorgestellt, um Bildungsdaten zu untersuchen. Die Autoren beschreiben einen nicht-zyklischen Prozess ausgehend von einer Bildungsdatensammlung bis zur Generierung von Bedienfeldern (Dashboards). Der Prozess sieht u. a. die Datenvorverarbeitung mittels eines ETL-Prozesses und die Speicherung der Daten in einem DWH vor. Damit berücksichtigt dieser Prozess zwar auch einige technische Aspekte, lässt jedoch die Aufzeichnung der Daten und die Anwendung der Analyseergebnisse außen vor.

Diese Aspekte werden in einem Rahmenwerk (bzw. Vorgehensmodell), welches speziell für PM im Bildungsbereich von [AlQaheri und Panda 2022] vorgestellt wird, zwar oberflächlich benannt, der Fokus liegt aber auch hier auf einer technischeren Sicht. Ihr zyklischer Prozess sieht z. B. vor, dass die Bildungsprozesse in einer *Process-Trace base* gesammelt und anschließend aus diesen *XES*⁵³ Event Logs generiert werden.

Umgebungen

Bereits im Jahr 2011 wurde eine Arbeit veröffentlicht, deren Schwerpunkt auf der Entwicklung eines Werkzeugkastens (engl. *toolkit*) liegt, mit welchem Veranstaltende in der Nutzung von LA unterstützt werden sollen [Dyckhoff u. a. 2012, 2011]. Dieser Werkzeugkasten (seine Implementierung wird eLAT (*exploratory Learning Analytics Toolkit* genannt) hilft bei der Extraktion von Daten der Lernumgebungen, verarbeitet diese, lässt die Veranstaltenden Indikatoren wählen, wonach die Daten analysiert werden sollen und visualisiert die Ergebnisse in einer einheitlichen Oberfläche.

Unter dem Begriff *Learning Analytics Platform* (LAP) wird eine ähnliche technische Umgebung verstanden, wie sie auch durch eLAT realisiert wurde. „Ein LAP aggregiert Daten

⁵³XES ist das gängige Format für Event Logs im *Process Mining*.

über alle Schulungs- und Lernveranstaltungen Ihres Unternehmens und wendet ausgefeilte Berichts- und Analysefunktionen an, sodass Sie die Möglichkeit erhalten, ein tiefes Verständnis für das Lernen in Ihrem Unternehmen sowie dessen Auswirkungen auf das gesamte Unternehmen zu gewinnen.“ (frei übersetzt aus dem Englischen [Rustici 2017]). Einige Vertreter sind z. B. *Watershed*⁵⁴, *MagicBox*⁵⁵, *IntelliBoard*⁵⁶ und *OpenLAP*⁵⁷.

Letztere wurde bereits oben genannt und im Kontext der Dissertation [Muslim 2018] mit dem speziellen Fokus auf Offenheit und Integration von Bildungsdaten aus unterschiedlichen Quellen (vorrangig LMS) entwickelt. Diese Plattform besteht aus den drei Hauptkomponenten (1) Datenkoordinator, (2) Indikatorenengine und (3) Analyserahmenwerk. Der Datenkoordinator sorgt für die Aggregation und Integration der Bildungsdaten und berücksichtigt dabei u. a. Datenschutz- und Transparenzanforderungen. Die Indikatorenengine unterstützt die nutzenden Personen dabei, Indikatoren zu entwickeln, nach denen die Daten analysiert werden sollen, indem u. a. die Formulierung von Zielen und die Erkundung der verfügbaren Daten ermöglicht wird. Das Analyserahmenwerk ist das Rückgrat (engl. *backbone*) von OpenLAP und sorgt auf der einen Seite dafür, dass die Indikatoren ausgeführt werden. Auf der anderen Seite unterstützt es die Erweiterbarkeit, indem z. B. Vorlagen bereitgestellt werden, auf dessen Grundlage sich neue Analyse- und Visualisierungsmethoden entwickeln und in die Oberfläche einbetten lassen.

Neben denen, die als LAP bezeichnet werden, existieren weitere Umgebungen, die ähnliche Funktionalitäten bieten. Einige widmen sich der Unterstützung (oft lehrveranstaltungsübergreifend) von Entscheidungsträgern auf institutioneller Ebene (wie z. B. in [Prada u. a. 2020] präsentiert) und andere sich der Unterstützung von Veranstaltenden bzw. Teilnehmenden einzelner Lehrveranstaltungen (wie z. B. in [Molinari 2021b; Wang u. a. 2019] präsentiert). Für einige wurden eigens Werkzeuge entwickelt, welche die Bearbeitung von Aufgaben und das gleichzeitige Aufzeichnen von Daten ermöglichen und diese Werkzeuge mit Analysewerkzeugen in einer Umgebung integrieren (wie z. B. im Fall von *BJUTModeling* [Wang u. a. 2019], *LearnWeb* [Marenzi und Zerr 2012] und *Online Communities* [Molinari 2021b]). Andere setzen erst nach den Werkzeugen (z. B. Verwaltungssoftware oder LMS) an, in denen die „Aufgaben“ bearbeitet und von denen die Daten aufgezeichnet werden (wie z. B. im Fall von [Prada u. a. 2020] oder auch OpenLAP [Muslim 2018]).

BJUTModeling (bereits zuvor in dieser Arbeit erwähnt) ist eine Umgebung, die es ermöglicht, Modellierungsaufgaben zu erstellen und zu bearbeiten. Bei der Bearbeitung zeichnet das eigens entwickelte Modellierungswerkzeug die einzelnen Klicks und Sequenzen auf, welche anschließend von den Analysekomponenten nach Modellierungstätigkeiten klassifiziert und ausgewertet werden. Daraus werden visuelle Darstellungen generiert, die den betrachtenden Personen einen tieferen Einblick in das Vorgehen und den Lernfortschritt bei der Bearbeitung der Modellierungsaufgaben ermöglichen. [Wang u. a. 2019]

LearnWeb ist eine Plattform, welche den Benutzenden ein Interface für die Suche im Internet bietet. Es ermöglicht z. B. kollaboratives Suchen, Teilen und Aggregieren von Lernmaterialien sowie das Hinzufügen von *Tags* und Kommentaren. Außerdem zeichnet es die Aktionen der Benutzenden (Teilnehmende) auf. Auf der Basis der Daten wird ein Dashboard bereitgestellt, welches z. B. generelle Informationen anzeigt, wie die Anzahl

⁵⁴<https://www.watershedlrs.com/>, besucht am 31.01.2024

⁵⁵<https://www.getmagicbox.com/learning-analytics-platform/>, besucht am 31.01.2024

⁵⁶<https://intelliboard.net/platform/>, besucht am 31.01.2024

⁵⁷<https://www.uni-due.de/soco/research/projects/openlap.php>, besucht am 31.01.2024

benutzter Suchbegriffe und genutzter Lernmaterialien sowie Typen von Lernmaterialien. Darüber wird z. B. auch angezeigt, welche Quellen die einzelnen Teilnehmenden bevorzugen [Jaakonmäki u. a. 2020; Marenzi und Zerr 2012].

Wie bereits vorne beschrieben, wird in [Molinari 2021b] außerdem ein LMS namens *Online Communities*, welches bereits in eine größere Analyseumgebung eingebettet ist, durch eine Komponente ergänzt, um das LMS so um Projektmanagementfähigkeiten (Verwalten und Kontrollieren von Projekten, Aktivitäten und Ressourcen sowie des Fortschritts von Aktivitäten und der Verantwortlichkeiten) für kollaborative Lerngemeinschaften zu erweitern. Die korrespondierenden Aktivitäten können ebenfalls in die Datenanalysen einbezogen werden.

Softwareanwendungen

Neben ganzen Umgebungen existieren in der Literatur eine Vielzahl von Softwareanwendungen, welche im Bildungsbereich entwickelt wurden.

Weit verbreitet ist die Entwicklung von Dashboards, um die Lerndaten visuell darzustellen, wie z. B. in [Barreiros u. a. 2023; Chen u. a. 2021; Corrin u. a. 2015; Ruipérez-Valiente u. a. 2014; Vázquez-Barreiros u. a. 2014] vorgestellt wird. Diese stellen z. B. die Ergebnisse von online Tests dar (wie z. B. *ITD-DFM* [Chen u. a. 2021]) oder breiten die Interaktionen von Teilnehmenden mit der technischen Umgebung über die Zeit hinweg auf (wie z. B. *SoftLearn* [Vázquez-Barreiros u. a. 2014]). Viele setzen dabei auf gängige Faktenanalysen und BI typische Visualisierungen (Säulen-, Balken-, Linien-, Flächen- und Kreisdiagramme), während andere auch das Verhalten und Pfade mittels PM Verfahren untersuchen (wie z. B. *SoftLearn* [Vázquez-Barreiros u. a. 2014]). Während einige automatisches Feedback für die Teilnehmenden bei z. B. der Durchführung eines Tests generieren (wie z. B. *ITD-DFM* [Chen u. a. 2021]), wurden andere speziell dafür entwickelt, Informationen für die Veranstaltenden aufzubereiten (wie z. B. *Loop* [Corrin u. a. 2015]). Wiederum andere haben die Förderung von selbstreguliertem Lernen im Fokus und sind speziell für die Benutzung von Teilnehmenden entwickelt (wie z. B. *Learner's Corner* [Barreiros u. a. 2023]).

Letzteres geht sogar über die einfache Aufbereitung und Visualisierung der Daten hinaus und bietet zusätzlich eine Art Aufgabenmanagement an, mit dem Aktivitäten hinsichtlich relevanter Zeitpunkte in einer Lehrveranstaltung organisiert werden können.

Zu der Softwareanwendung *Loop* wurde außerdem ein Handbuch herausgegeben, welches Veranstaltende dabei unterstützen soll, das Werkzeug gewinnbringend in ihre individuellen Veranstaltungen zu integrieren [Corrin u. a. 2016] (s. Abschnitt 18.1.4).

Eine andere Richtung haben z. B. die Autoren von [Dumbach u. a. 2020] verfolgt. Sie haben den sogenannten *GitLab Analyser* entwickelt, welcher Event Logs aus GitLab⁵⁸ extrahiert. Dazu zählen Daten aus dem Issue Tracker, dem Softwarerepository und dem Wiki, welche alle in GitLab integriert sind. Ihr Ziel ist es, auch Veranstaltenden, welche keine oder wenig Expertise in der Analyse von Daten aufweisen, die Möglichkeit zu bieten, dennoch relevante Lernpfade aus den Daten zu gewinnen und auf diese Weise wertvolle Informationen zu generieren.

⁵⁸GitLab B.V. 2024.

3.4 Zusammenfassung

Aus den drei verwandten Forschungsbereichen Modellierung, Projektmanagement und Datenanalysen wurden Ergebnisse anderer Forscher ausgewählt und beschrieben, die im Kontext dieses Forschungsprojekts eine besondere Relevanz aufweisen.

Betrachtet wurde der Einsatz agentenorientierter und prozessorientierter Modellierungsformen zur Abbildung von Lehrveranstaltungen sowie von Projekten in anderen Kontexten. Mithilfe der agentenorientierten Modellierung können Personen in Lehrveranstaltungen (Agenten) spezifiziert werden, die sich über die Zeit hinweg verändern, lernen und miteinander kommunizieren können. Ihr (Lern-)Verhalten kann mit speziellen Prozessen visuell dargestellt werden. Anhand von Prozessen können Lernprozesse und sogenannte *learnflows* außerdem formal beschrieben. Diese lassen sich u. a. dazu nutzen, Lernmaterialien wie Aufgabenblätter zu überarbeiten bzw. zu entwerfen. In einigen Fällen werden explizit die Personen bei der Modellierung der Prozesse einbezogen und werden so Teil der entstehenden Prozessmodelle.

Für Projekte außerhalb des Bildungswesens wird die agentenorientierte Modellierung u. a. zur Spezifikation von Organisationsstrukturen eingesetzt. Die beiden in dieser Arbeit zentralen Modellierungsansätze sind MULAN sowie der Ansatz der BDI-Agenten. Aus dem Kontext von MULAN wurden für diese Arbeit relevante Ansätze ausgewählt, welche die Betrachtungsweise des Autors von Systemen sowie die Inhalte dieser Arbeit implizit geprägt haben. Für die hierarchische, strukturelle Darstellung von Organisationen werden häufig Organigramme eingesetzt. Um das Verhalten der Organisationen und Projekte zu modellieren, können auf Diagrammen basierende, prozessorientierte Ansätze genutzt werden, welche sich in die folgenden vier Kategorien einteilen lassen: datenflussorientierte, kontrollflussorientierte, objektorientierte und hybride Ansätze. In dieser Arbeit werden verstärkt die prozessbasierte Modellierungstechnik *Use Case Diagram* und die beiden kontrollflussorientierten Techniken *BPMN 2.0* und Petrinetze genutzt.

Die Integration von Projektmanagementfähigkeiten in *Learning Management Systems* (LMS) und E-Learning-Plattformen wurde viele Jahre vernachlässigt. In jüngerer Zeit werden Ansätze verfolgt, solche Fähigkeiten in bestehende LMS zu integrieren oder neue Plattformen zu entwickeln, die diese Fähigkeiten bereits von Beginn an berücksichtigen. Dabei weisen einige Arbeiten auf die Komplexität solcher Vorhaben hin und berichten von erfahrenen Herausforderungen. Als Grundlage für die, in diesem Forschungsprojekt exemplarisch entwickelte, LLUA dient die damalige Projektmanagementumgebung (PMU) der PAOSE-Lehrveranstaltungen. Diese war auf die Unterstützung von Softwareentwicklung spezialisiert und nutzte u. a. die webbasierte PMU Redmine, das Versionskontrollsystem (VCS) Git und die *Continuous Integration* Umgebung Jenkins. Außerdem griff sie zum Dateiaustausch auf einen zentralen Speicher und für die verteilte Kommunikation der Personen auf E-Mails zurück. Ergänzend wurden beispielhaft die Software Stacks einiger Unternehmen präsentiert, um einen weiteren Blick auf die heutzutage eingesetzten Technologien und Softwareanwendungen zu erhalten.

Der Forschungsbereich der Datenanalyse wurde im Rahmen des Bildungswesens sowie in anderen Kontexten betrachtet. Im Bereich des *Learning Analytics* (LA) werden die folgenden sechs kritischen Dimensionen genannt: Zielgruppen, Ziele, Bildungsdaten, Technologien, Bedingungen und Kompetenzen. Außerdem wird ein Referenzmodell vorgestellt, welches sich auf die Fragen *Was?*, *Wer?*, *Warum?* und *Wie?* konzentriert. Zusätzlich wird die Wichtigkeit von konkretem Feedback betont, welches mit der Unterstützung von Da-

tenanalysen entwickelt werden kann. Es wird dafür plädiert, die Datenkompetenz der Lehrenden zu steigern, damit diese als DomänenexpertInnen eigene Datenanalysen durchführen können.

Die beiden hier ausgewählten Analysedisziplinen, *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM), wurden von anderen Forschenden erfolgreich für verschiedene Bestrebungen im Bildungswesen eingesetzt. Typische Bestrebungen im BI-Kontext sind z. B.:

- Strukturierte Darstellung von Testergebnissen
- Analyse von Zusammenhängen zwischen Noten und der Anzahl von Events in LMS
- Analyse korrekter und fehlerhafter Aufgabenabgaben
- Analyse des zeitlichen Engagements
- Identifikation von Prokrastination

Im PM-Kontext konnten u. a. folgende Bestrebungen genannt werden:

- Analyse von Softwareentwicklungsprozessen
- Analyse von Lernpfaden
- Analyse von Lerneffekten
- Untersuchung der Qualität von Gruppenarbeiten
- Untersuchung der Dynamik von Teilnehmenden und Teams
- Vorschlagen von Prüfungsnoten
- Erkennen von Betrugsversuchen bei digitalen Prüfungen

Hier untersuchte Rahmenwerke anderer Forschender lassen sich, nach dem Verständnis dieses Forschungsprojekts, grob als Unterstützung zur Entwicklung von Softwareanwendungen oder Umgebungen sowie zur Unterstützung des Vorgehens (Vorgehensmodelle) kategorisieren. In der ersten Kategorie fällt das DLAIS-Rahmenwerk auf, welches die fünf iterativen Phasen Analyse, Entwurf, Entwicklung, Implementierung und Evaluation zur Erstellung einer Softwareanwendung unterstützt. Dabei berücksichtigt es explizit die Wechselwirkungen von Datenanalysen mit Bildungstheorien sowie Lehr- und Lernpraktiken. In der zweiten Kategorie spielt das LAVA-Modell eine wichtige Rolle, da es als Leitfaden für das im Zuge dieses Forschungsprojekts entwickelte Vorgehensmodell für die Datenanalyse diente. Es greift die vier oben genannten W-Fragen auf und ordnet die Tätigkeitsfelder, die bei der Unterstützung von Personen in einer Lehrveranstaltung durch Datenanalyse auftreten, entsprechend an.

In der anschließenden Präsentation von Umgebungen und Softwareanwendungen wurden u. a. deren Komponenten und Fähigkeiten vorgestellt, die als Anregung für die hier angestrebte exemplarische LLUA dienten.

Nachdem in diesem Teil die thematischen Grundlagen und besonders relevante, verwandte Arbeiten erschlossen wurden, wird im nächsten Teil dieser Arbeit die Entwicklung des Rahmenwerks geschildert.

Teil II

Entwicklung des Rahmenwerks

Die Hauptergebnisse des Teil II sind die Entwicklung der zentralen Konzepte sowie die Ausgestaltung der Inhalte des LLUA⁵⁹-Rahmenwerks. Mit dem konzipierten und ausgestalteten Rahmenwerk lässt sich eine LLUA entwerfen, implementieren und einsetzen.

Die Ergebnisse sind das Resultat zahlreicher Iterationen, die durch den praktischen Einsatz des Rahmenwerks sowie einer exemplarischen LLUA gestützt wurden. Die Iterationen werden im Folgenden jedoch nicht einzeln beschrieben. Eine Iteration besteht aus mehreren Phasen (s. Abbildung 4.1). Zugunsten des Leseflusses werden die Iterationen phasenweise zusammengefasst. Jede Phase wird innerhalb eines Kapitels behandelt, in dem ihr Zweck, die Tätigkeiten und ihre Ergebnisse präsentiert werden. Die Iterationen durchlaufen außerdem den Einsatz und die Evaluation im Lehrbetrieb. Diese werden nicht in diesem Teil, sondern erst in Teil III dargestellt.

„Zur Förderung der zielgerichteten Forschung wird die wissenschaftliche Untersuchung präzisiert, indem konkrete Forschungsfragen und Hypothesen ausgearbeitet sowie Lösungsansätze und Ziele detaillierter als [...] in der Einleitung [dieser Arbeit] dargelegt werden (s. Kapitel 4). Um die Übertragbarkeit, der in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse, auf andere Lehrveranstaltungen, die nicht explizit untersucht wurden, zu fördern, wird eine systematische Betrachtungsweise vorgeschlagen. Diese basiert auf der Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (MAS). In diesem Zuge werden u. a. konkrete Rollen und Agentenspezifikationen definiert (s. Kapitel 5). Auf Grundlage der Rollendefinition werden Ziele und Herausforderungen erhoben, welche diese in projektbasierten Lehrveranstaltungen haben bzw. mit denen sie konfrontiert werden (s. Kapitel 6). Anhand der erhobenen Ziele und Herausforderungen werden die zu entwickelnde exemplarische LLUA und das Rahmenwerk selbst skizziert, um konkretere Visionen von beiden zu vermitteln (s. Kapitel 7). Im Anschluss werden die Rahmenbedingungen festgelegt (s. Kapitel 8), welche die Entwicklung des Rahmenwerks und die Erprobung der exemplarischen LLUA beeinflussen.“

Auf der Grundlage der Ziele und Herausforderungen der Rollen, der angefertigten Skizzen sowie den Rahmenbedingungen werden Anforderungen an eine (allgemeine und nicht ausschließlich an die exemplarische) LLUA und das Rahmenwerk definiert (s. Kapitel 9). Das Rahmenwerk besteht strukturell aus einzelnen Modulen, welche zu Clustern mit speziellen Themenschwerpunkten zusammengefasst werden. Grundlegende, in dem Rahmenwerk enthaltene Konzepte werden ausgearbeitet und die restlichen Inhalte der einzelnen Module werden konzeptionell erarbeitet (s. Kapitel 10). In diesem Zuge wird u. a. der grobe technische Entwurf einer LLUA (bzw. ihre Konzeption) vorgestellt, welcher die einzelnen Komponenten und ihre Beziehungen zueinander darstellt (s. Abbildung 10.9). Vor der endgültigen inhaltlichen Ausgestaltung des Rahmenwerks wird erörtert und entschieden, wie die praxisorientierten Inhalte außerhalb dieser Arbeit bereitgestellt werden können. Zu diesem Zweck wird ein digitales Handbuch entwickelt und in Form einer Webseite veröffentlicht (s. Kapitel 11). Im Verlauf der Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks (s. Kapitel 12) wird neben dem groben technischen Entwurf einer LLUA auch der spezielle feine Entwurf für die exemplarische LLUA Schrittweise vorgestellt (s. Abbildung 12.14). In dem feinen Entwurf werden die generischen Komponenten des groben Entwurfs durch die Kopplung konkreter Softwareanwendungen und Technologien ersetzt. Um diese Inhaltvielfalt gebündelt darzustellen, werden die wichtigsten Inhalte [...] zusammengefasst (s. Kapitel 13).“ [Seite 11]

⁵⁹Lehr-, Lern- und Analyseumgebung

4 Präzisierung der wissenschaftlichen Untersuchung

Dieses Kapitel greift die Forschungsfragen, Hypothesen und den Lösungsansatz sowie das methodische Vorgehen aus der Einleitung (s. Kapitel 1) mit dem Ziel auf, diese zu verfeinern und das Vorgehen der wissenschaftlichen Untersuchung festzulegen. In diesem Zuge wird skizziert, wie die Forschungsfragen untersucht und die Hypothesen validiert werden. Weiterhin werden die Ziele der wissenschaftlichen Untersuchung beschrieben und die Anforderungen an die zu liefernden Ergebnisse definiert.

4.1 Forschungsfragen

Um aus den in der Einleitung definierten Forschungsfragen (s. Abschnitt 1.4) konkrete Handlungsschritte abzuleiten, werden diese zunächst differenziert betrachtet und kategorisch durch weitere Fragestellungen verfeinert.

Forschungsfrage F01

„Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Planen, Koordinieren und Überblicken ihrer eigenen Tätigkeiten und denen der anderen Personen unterstützt werden?“ (s. Seite 7)

Die Forschungsfrage F01 legt den Fokus auf die Untersuchung der Unterstützungsmöglichkeiten für Personen im Bereich des Managements von Tätigkeiten in projektbasierten Lehrveranstaltungen. Die einzelnen Aspekte dieser weitgefassten Forschungsfrage lassen sich – mit der Absicht zur konkreten Ausrichtung des Forschungsprojekts – näher spezifizieren.

Die agierenden Personen im Kontext dieser Arbeit werden als Veranstaltende und/oder Teilnehmende bezeichnet (vgl. Seite 4). Diese Personen agieren z. B. allein, in Teams, abhängig, unabhängig, selbstständig, angeleitet, proaktiv, reaktiv, zentral und verteilt.

Die Bandbreite ihrer expliziten Tätigkeiten ist groß und abhängig von der jeweiligen Lehrveranstaltung. Allerdings lassen sich Kategorien von Tätigkeiten identifizieren, die häufig veranstaltungsübergreifend gültig sind, wie z. B. Vorbereiten, Nachbereiten, Recherchieren, Dokumentieren, Präsentieren, Kontrollieren und Bewerten.

Beim Planen und Koordinieren von Tätigkeiten, ob für sich selbst oder für ein ganzes Team, ist die Zeit eine nicht zu vernachlässigende Komponente. Zu berücksichtigen sind z. B. die Zeitpunkte, zu denen gewisse Tätigkeiten abgeschlossen sein müssen, und die zur Verfügung stehende Arbeitszeit der einzelnen Personen.

Aus diesen Überlegungen werden die folgenden Forschungsbereiche abgeleitet, welche im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden. Ergänzend werden zu jedem Forschungsbereiche

weitere Subfragen gebildet. Um die Redundanz zwischen den Fragen zu verringern, wird darauf verzichtet alle Subfragen einzeln aufzuführen. Stattdessen werden ggf. mit Hilfe von „/“ Formulierungen gebildet, aus denen sich die einzelnen Subfragen konstruieren lassen.

Planen und Koordinieren von Tätigkeiten

- Wie können die Veranstaltenden/Teilnehmenden beim Planen und Koordinieren ihrer Tätigkeiten/den Tätigkeiten der anderen/den Tätigkeiten der Teams unterstützt werden?
- Wie unterscheiden sich die effektiven Unterstützungen für das Planen und Koordinieren der Tätigkeiten für sich selbst, für andere und ganze Teams?
- Welche unterschiedlichen Arten von Tätigkeiten existieren in projektbasierten Lehrveranstaltungen?
- Wie unterscheidet sich die Unterstützung für verschiedene Arten von Tätigkeiten?

Überblicken von Tätigkeiten

- Wie können die Veranstaltenden/Teilnehmenden bei der Gewinnung eines Überblicks der vergangenen/aktuellen/zukünftigen ihrer Tätigkeiten bzw. der Tätigkeiten der anderen/der Teams unterstützt werden?

Planen und Koordinieren von Arbeitszeit

- Wie können die Veranstaltenden/Teilnehmenden bei dem Planen und Koordinieren ihrer Arbeitszeit/der Arbeitszeit der anderen/der Arbeitszeit der Teams unterstützt werden?
- Wie unterscheiden sich die effektiven Unterstützungen für das Planen und Koordinieren der Arbeitszeit für einen selbst, für andere und ganze Teams?

Überblicken von Arbeitszeit

- Wie können die Veranstaltenden/Teilnehmenden bei der Gewinnung eines Überblicks ihres vergangenen/aktuellen/zukünftigen Zeitaufwands und dem der anderen/der Teams unterstützt werden?

Auf der Grundlage der vorangegangenen Subfragen lässt sich eine weiter gefasste Subfrage formulieren, die auf eine tatsächliche Realisierung der einzelnen Unterstützungen abzielt:

- Welche Möglichkeiten und Funktionen sollte eine Lehr- und Lernumgebung bieten/bereitstellen, um diese (die in den vorangegangenen Subfragen genannten) Unterstützungen zu adressieren?

Forschungsfrage F02

„Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Reflektieren ihres eigenen Verhaltens und des der anderen Personen mittels Datenanalyse unterstützt werden?“ (s. Seite 8)

Im Fokus der Forschungsfrage F02 stehen die Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge für die Datenanalyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen. Auch diese Forschungsfrage wird zunächst in ihre einzelnen Forschungsbereiche zerlegt und durch weitere Subfragen verfeinert.

Wenn die Frage nach dem *Wie* und dem *Womit* gestellt wird, ist zunächst zu untersuchen, *was* die agierenden Personen von der Datenanalyse erwarten, also welchen Informationsgewinn sie sich erhoffen.

Die Grundlage für die Datenanalyse ist die Aufzeichnung von Daten. Die Daten lassen sich in projektbasierten Lehrveranstaltungen je nach Tätigkeiten z. B. (technisch) automatisiert oder manuell erfassen. Welche Daten aufgezeichnet werden müssen, ist abhängig von den Analysen die anschließend durchgeführt werden sollen – oder anders formuliert, das ist abhängig von den Fragen, zu deren Beantwortung die Daten genutzt werden sollen, und in welchen Bereichen ein Informationsgewinn gewünscht ist. In diesem Zusammenhang ist außerdem die Wahrung von Datenschutz und Persönlichkeitsrechten zu berücksichtigen, ohne den Anspruch zu setzen, das zum Forschungsthema dieser Arbeit zu machen. Daten können strukturierter, halb-strukturierter oder unstrukturierter Natur sein und unterscheiden sich z. B. in dem Aufwand für die Bereinigung und Transformation zur Ermöglichung einer systematischen Datenanalyse.

Für die Auswertung der Daten, also für die Durchführung der Analysen, können unterschiedliche Disziplinen eingesetzt werden, wie z. B. *Business Intelligence*, *Data Mining* oder *Machine Learning* (s. Abschnitt 2.3). Diese könnten in den Bereichen *Educational Data Mining* oder *Learning Analytics* genutzt werden (s. Abschnitt 2.1.3). Zudem können durch Datenanalysen unterschiedliche Zwecke verfolgt werden, die sich in die drei Überbegriffe deskriptiv, diagnostisch, prädiktiv und präskriptiv gliedern lassen (Abschnitt 2.3.4, S. 25). Die Ergebnisse der Analysen können zudem in variierenden Darstellungsformen dem Menschen präsentiert werden, wie z. B. als Tabellen, Graphen oder Diagrammen (Abschnitt 2.3.8, S. 30).

Aus diesen Ausführungen werden die folgenden Forschungsbereiche und Subfragen hergeleitet:

Entwicklung von Analysefragen

- Was wollen Veranstalter*innen und Teilnehmende in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen in Bezug auf die Strukturen dieser sowie das Verhalten der Personen untersuchen?
- Was kann in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen in Bezug auf die Strukturen dieser sowie das Verhalten der Personen untersucht werden?

Ermöglichung der Datenaufzeichnung

- Wie können Daten in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen aufgezeichnet werden?
- Welche Daten müssen zu welchem Zweck in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen aufgezeichnet werden?

Umsetzung der Datenanalyse

- Welche Disziplinen der Datenanalyse können für die Analyse von praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden?
- Welche Techniken können für die Visualisierung der Daten von praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden?
- Wie unterscheiden sich die Anforderungen an Analysen und Visualisierungen für Veranstaltende und Teilnehmende in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen?
- Wie lassen sich trotz einer Analyse von Daten Datenschutz und Persönlichkeitsrechte in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen wahren? Wie lassen sich Daten für diesen Zweck geeignet pseudonymisieren bzw. anonymisieren?

Wie bereits für die Forschungsfrage F01 (s. Seite 87), lässt sich auch für die Subfragen der Forschungsfrage F02 eine weiter gefasste Subfrage entwickeln, die auf eine tatsächliche Realisierung der Unterstützung der agierenden Personen durch Datenanalyse hinsteuert:

- Welche Möglichkeiten und Funktionen sollte eine Lehr- und Lernumgebung bieten/bereitstellen, um die Unterstützung der agierenden Personen einer praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen durch Datenanalyse zu adressieren?

Forschungsfrage F03

„Inwiefern kann die Datenanalyse für die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen einen Mehrwert bieten?“ (s. Seite 8)

Die Forschungsfrage F03 zielt auf die Abschätzung des Mehrwerts und der Grenzen der Analyse von Daten in projektbasierten Lehrveranstaltungen ab.

Die Absicht der Analyse von Daten und deren Präsentation ist es, einen Mehrwert zu generieren. Dieser beläuft sich häufig auf einen Informationsgewinn, welcher im Anschluss zu der Anpassung von z. B. Strukturen, Abhängigkeiten, Verantwortlichkeiten und Verhaltensweisen der Organisation (in diesem Fall der Lehrveranstaltung) und der agierenden Personen führen kann. Die Art der Analysefrage trägt maßgeblich zu dem zu erwartenden Mehrwert der Analysefrage bei. [Leek und Peng 2015] unterscheiden zwischen sechs Arten: deskriptiv, sondierend, schlussfolgernd, vorhersagend, ursächlich und mechanisch (s. Abschnitt 2.2, S. 26). Außerdem könnte es einen Unterschied machen, ob die Auswirkungen der Analyseergebnisse anschließend überprüft werden oder keine weiteren Datenanalysen

durchgeführt werden. Durch kontinuierliche Untersuchungen kann z. B. der Mehrwert von Analyseergebnissen quantitativ abgeschätzt werden.

Der Mehrwert kann außerdem durch den Einsatz der Analyseergebnisse und der Art ihrer Kommunikation beeinflusst werden. Analyseergebnisse können z. B. ohne oder mit einer Interpretation der Daten veröffentlicht werden. Des Weiteren ist zu beachten, ob die Analyseergebnisse von den agierenden Personen akzeptiert werden und sie die Anpassungsvorschläge annehmen, und wenn nicht, was die Faktoren dafür sein könnten.

Grundsätzlich war die Analyse von Daten schon vor der Digitalisierung möglich. Auch manuell festgehaltene Informationen können von Menschen verarbeitet, miteinander in Beziehung gesetzt und ausgewertet werden. Die digitale Aufzeichnung von Daten und die technisch gestützten Analyseverfahren können dem Menschen diese Tätigkeiten abnehmen.

Dennoch bergen das Aufzeichnen und Analysieren von Daten einen Mehraufwand für die agierenden Personen. Je nach automatisierten Anteilen im Datenanalyseprozess (s. Abschnitt 2.3.5) kann dieser höher oder geringer ausfallen. Der Aufwand kann in einigen Fällen den Mehrwert wieder aufwiegen, z. B. wenn die Veranstaltenden durch die Datenanalysen zwar besonders förderungsbedürftige Teilnehmende identifizieren können, die Durchführung der Analysen jedoch ihre für die Förderung zur Verfügung stehende Zeit kostet. Außerdem ist der Aufwand der Administrierenden bzw. Veranstaltenden für die Installation, Konfiguration und Wartung einer LLUA zu berücksichtigen.

Abschätzen des Mehrwerts und der Auswirkungen

- Wie sollten Analysefragen geartet sein, damit ihre Untersuchung einen Mehrwert bieten kann?
- Welche Auswirkungen können die Analysen auf die Struktur der Lehrveranstaltung bzw. die Struktur und das Verhalten der Veranstaltenden/Teilnehmenden haben?
- Wie können die Auswirkungen der Anpassungsvorschläge untersucht werden?

Einsatz und Kommunikation der Analyseergebnisse

- Wie und wann können die Analyseergebnisse gewinnbringend eingesetzt werden?
- Welche Formen der Kommunikation der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge eignen sich, welche nicht?
- Wie lässt sich untersuchen, welche Formen der Kommunikation sich eignen und welche nicht?

Beurteilung des Mehraufwands

- Wie hoch ist der zusätzliche Ressourcen- und Arbeitsaufwand für die Durchführung der Analysen?
- Welche Teile des Datenanalyseprozesses benötigen besonders viel Zeit?
- Welche Teile des Datenanalyseprozesses lassen sich automatisieren, welche nicht?
- Wie und womit lassen sich die Administrierenden/Veranstaltenden bei der Installation, Konfiguration und Wartung einer LLUA unterstützen?

Auch auf der Basis der Subfragen zu Forschungsfrage F03 kann eine weiter gefasste Subfrage formuliert werden, welche die tatsächliche Befähigung im Einsatz der Analyseergebnisse fokussiert:

- Welche Möglichkeiten und Funktionen sollte eine Lehr- und Lernumgebung bieten/bereitstellen, um die agierenden Personen dabei zu unterstützen, bei einem vertretbaren Aufwand einen Mehrwert aus den Analyseergebnissen zu generieren?

4.2 Hypothesen

In Anlehnung an die Zerlegung und Verfeinerung der Forschungsfragen im vorangegangenen Abschnitt werden in diesem Abschnitt die Hypothesen aus der Einleitung (s. Abschnitt 1.4) wiederholt und Teilhypothesen formuliert. Diese adressieren jeweils die Kategorien der Teilforschungsfragen. Der Zweck dieses Abschnitts ist, die offenen und breitgefächerten Forschungsmöglichkeiten dieser Arbeit in konkrete Untersuchungsrichtungen zu lenken und auf diese Weise den Lösungsansatz vorzubereiten.

Hypothese H01

„Wenn die agierenden Personen in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung gängigen Projektmanagementumgebung unterstützt werden können, dann können damit auch die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterstützt werden.“ (s. Seite 8)

Die Hypothese H01 bezieht sich auf die Forschungsfrage F01 (s. Seite 87). In dessen Untersuchungskomplex – Unterstützung des Planens und Koordinierens – wurden die Kategorien *Planen und Koordinieren von Tätigkeiten*, *Überblicken von Tätigkeiten*, *Planen und Koordinieren von Arbeitszeit* und *Überblicken von Arbeitszeit* benannt (s. Seite 88 ff.). Denen entgegnend werden die folgenden Teilhypothesen formuliert. Analog zu den Forschungsfragen wird hier zur Verringerung der Redundanz ebenfalls darauf verzichtet, alle Teilhypothesen einzeln aufzuführen. Stattdessen werden auch hier ggf. mit Hilfe von „/“ Formulierungen gebildet, aus denen sich die einzelnen Teilhypothesen konstruieren lassen.

Planen und Koordinieren von Tätigkeiten

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstaltende/Teilnehmende ihre Tätigkeiten/die Tätigkeiten der anderen/die Tätigkeiten von Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung planen und koordinieren.
- Je unterschiedlicher voneinander Tätigkeiten in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen in ihrer Art sind, desto unterschiedlicher ist auch die benötigte Unterstützung zur Planung und Koordination.

Überblicken von Tätigkeiten

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstaltende/Teilnehmende einen Überblick der vergangenen/aktuellen/zukünftigen Tätigkeiten von ihnen/der anderen/der Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung gewinnen.

Planen und Koordinieren von Arbeitszeit

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstalter*innen/Teilnehmer*innen ihre Arbeitszeit/die Arbeitszeit der anderen/die Arbeitszeit von Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung planen und koordinieren.

Überblicken von Arbeitszeit

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstalter*innen/Teilnehmer*innen einen Überblick der vergangenen/aktuellen/zukünftigen Arbeitszeit von ihnen/der anderen/der Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung gewinnen.

In den vorangegangenen Teilhypothesen wurden die Veranstalter*innen und Teilnehmer*innen jeweils gemeinsam genannt. Dies führt zu der folgenden Hypothese:

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterscheiden sich die Anforderungen von Veranstalter*innen und Teilnehmer*innen an das *Planen und Koordinieren von Tätigkeiten*, *Überblicken von Tätigkeiten*, *Planen und Koordinieren von Arbeitszeit* und *Überblicken von Arbeitszeit* gering, sodass diese eine gleichartige Projektmanagementumgebung nutzen können.

Hypothese H02

„Wenn sich Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik einsetzen lassen, dann können diese auch zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten praktischer, kooperativer, kollaborativer und verteilter Lehrveranstaltungen eingesetzt werden.“ (s. Seite 8)

Die Hypothese H02 bezieht sich auf die Forschungsfrage F02 (s. Seite 89). In dessen Untersuchungskomplex – Unterstützung des Datenanalysierens – wurden die Teilbereiche *Entwicklung von Analysefragen*, *Ermöglichung der Datenaufzeichnung* und *Umsetzung der Datenanalyse* benannt (s. Seite 89 ff.). Darauf beziehend werden die folgenden Hypothesen formuliert:

Entwicklung von Analysefragen

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen interessiert sich der Großteil der Veranstalter*innen/Teilnehmer*innen für die Verbesserung der Lehr- und Lernumgebung, der Reihenfolge der Lerninhalte und des Verhaltens beim selbstbestimmten sowie kollektiven Lehren und Lernen.
- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen lassen sich Strukturen, Verhalten und soziale Interaktionen zwischen den Personen untersuchen.

Ermöglichung der Datenaufzeichnung

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstalter/Teilnehmer Daten durch die Nutzung technischer Projektmanagements- und Kommunikationsinfrastrukturen aufzeichnen lassen.
- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen müssen z. B. zur Untersuchung des Verhaltens *eventbasierte* Daten erfasst werden.

Umsetzung der Datenanalyse

- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können die Veranstalter/Teilnehmer für die visuelle Analyse von Fakten, Strukturen und Verhalten die beiden Disziplinen *Business Intelligence*¹ und *Process Mining*² einsetzen.
- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können zur Visualisierung der Daten gängige Datendiagramme und Prozessdarstellungen³ eingesetzt werden.
- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterscheiden sich die Anforderungen an die Analysen und Visualisierungen der Veranstalter und Teilnehmer voneinander. Die Veranstalter präferieren globale Analysen und Visualisierungen. Demgegenüber bevorzugen die Teilnehmer *Ich-zentrierte* Analysen und Visualisierungen.
- In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen lässt sich die Einhaltung von Datenschutz und Persönlichkeitsrechten durch eine im Datenanalyseprozess frühzeitige Risikoanalyse unterstützen.

Hypothese H03

„Wenn die Analyse von Projekten in der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik die beteiligten Personen dabei unterstützt, ihr eigenes Handeln und das der anderen zu reflektieren, dann unterstützt sie auch die beteiligten Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen. Diese Reflexion unterstützt sie darin, ihr eigenes Handeln anzupassen sowie die Lehrveranstaltung und die technische Lehr- und Lernumgebung gewinnbringend umzugestalten.“ (s. Seite 9)

Die Hypothese H03 bezieht sich auf die Forschungsfrage F03 (s. Seite 90). In dessen Untersuchungskomplex – Bewertung des Potenzials von Datenanalysen – wurden die Kategorien *Abschätzen des Mehrwerts und der Auswirkungen*, *Beurteilung des Mehraufwands* und *Einsatz und Kommunikation der Analyseergebnisse* benannt (s. Seite 91 ff.).

Abschätzen des Mehrwerts und der Auswirkungen

- Die Analysefragen sollten auf die individuellen Ziele der Lehrveranstaltung sowie der Veranstalter und Teilnehmer ausgerichtet sein.

¹s. Abschnitt 2.3.8, S. 30

²s. Abschnitt 2.3.8, S. 32

³s. Abschnitt 2.3.8

- Die Analyseergebnisse unterstützen die Veranstaltenden dabei, die Reihenfolge von Lerninhalten und Aufgaben zu verbessern und aufeinander abzustimmen.
- Die Analyseergebnisse unterstützen die Veranstaltenden dabei, kritische Abschnitte und Hürden im Lernprozess der Teilnehmenden zu identifizieren, die gehäuft zur Prokrastination oder einem Abbruch der Lehrveranstaltung einzelner Teilnehmender führen.
- Die Analyseergebnisse unterstützen die Veranstaltenden und Teilnehmenden dabei, die Nutzung der Werkzeuge und Materialien zu reflektieren und diese zielgerichtet einzusetzen.
- Die Analyseergebnisse unterstützen die Teilnehmenden dabei, andere geeignete Teilnehmende für eine Zusammenarbeit zu finden.
- Projektübergreifende Analysen zeigen relevante Unterschiede auf und motivieren die agierenden Personen zu einer besseren Arbeitsweise.
- Die Auswirkungen der Analyseergebnisse lassen sich durch eine spätere Wiederholung der Datenanalysen untersuchen.

Einsatz und Kommunikation der Analyseergebnisse

- Um einen Effekt auf die Personen zu haben, müssen aus den Analyseergebnissen Anpassungsvorschläge abgeleitet und diese zeitnah und verständlich kommuniziert werden. Effekte auf die Lehr- und Lernumgebung sind auch ohne zeitnahe Durchführung und Veröffentlichung möglich.
- Generell formulierte Anpassungsvorschläge, die für alle gelten könnten und keine einzelnen Personen adressieren, haben keinen Mehrwert. Die agierenden Personen müssen mindestens von den Veranstaltenden identifiziert werden, damit diese individuelle Anpassungsvorschläge formulieren können.
- Die Teilnehmenden müssen von den Veranstaltenden eine Übersicht ihrer bisherigen Prozesse im Vergleich zu den idealen Prozessen bereitgestellt bekommen, um Veränderungen ihrer Verhaltensweisen ableiten zu können.
- Textuelle und visuelle Formen der Kommunikation können durch sprachliche Formen unterstützt werden. Die ausschließlich sprachliche Kommunikation von Analyseergebnissen ist weniger geeignet.

Beurteilung des Mehraufwands

- Die manuelle Durchführung des Analyseprozesses birgt einen hohen Arbeitsaufwand, der für Veranstalter*innen – neben ihren Lehrtätigkeiten – nicht zu bewältigen ist.
- Der zusätzliche Arbeitsaufwand für die Durchführung der Analysen verhält sich proportional zu dem Grad der Automatisierung des Analyseprozesses.
- Der Ressourcenbedarf für die serverseitigen Softwareanwendungen einer LLUA kann von einer virtuellen Maschine (VM) gedeckt werden, die ähnlich wie ein heutzutage typischer mittelpreisiger Desktoprechner für Businesszwecke⁴ ausgestattet ist.
- Die clientseitigen Softwareanwendungen einer LLUA können bereits auf heutzutage mittelpreisigen Notebooks für Businesszwecke⁵ ausgeführt werden.

⁴Ungefähr 1.000 €, 12 CPU-Kerne, 32 GB Arbeitsspeicher und 512 GB SSD Speicher.

⁵Ungefähr 800 €, 6 CPU-Kerne, 16 GB Arbeitsspeicher und 512 GB SSD Speicher.

- Der Teil des Datenanalyseprozesses, in dem die Daten vorverarbeiten und für Analysen nutzbar gemacht werden, wird am meisten Zeit benötigen.
- Wenn ausreichend Ressourcen zur Verfügung stehen, lässt sich der gesamte Datenanalyseprozess automatisieren. Davon ausgenommen sind die Erzeugung der Daten durch Benutzung der technischen Infrastruktur der agierenden Personen sowie die kollaborative Interpretation und die zwischenmenschliche Kommunikation der Analyseergebnisse.
- Die Administrierenden/Veranstaltenden lassen sich durch das Rahmenwerk generell nur bedingt bei der Installation, Konfiguration und dem Betreiben einer LLUA unterstützen. Für eine effektive Unterstützung werden z. B. Anleitungen, Konfigurationsdateien und Skripte benötigt. Diese könnten aber nur im konkreten Fall für bereits ausgewählte Werkzeuge bereitgestellt werden.

Nachdem die breitgefächerten Forschungsmöglichkeiten dieser Arbeit hier weiter eingegrenzt wurden, wird in dem folgenden Abschnitt der Lösungsansatz zur Untersuchung der Forschungsfragen und Validierung der Hypothesen beschrieben.

4.3 Lösungsansätze

In der Einleitung dieser Arbeit (s. Abschnitt 1.5) wurde der Lösungsansatz bereits im Groben beschrieben. Auf der Grundlage der zuvor untersuchten Literatur, den verfeinerten Forschungsfragen und Hypothesen wird der Lösungsansatz hier detaillierter beschrieben, um daraus im Anschluss konkrete Ziele und Anforderungen (s. Abschnitt 4.4) abzuleiten.

Die Lösungsansätze für die Untersuchung der Forschungsfragen, die Validierung der Hypothesen sowie die Bereitstellung, Verwertbarkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse gliedern sich in zwei Bereiche. Zum einen werden die Unterstützungsmöglichkeiten der Lehre und des Lernens in projektbasierten Lehrveranstaltungen durch Projektmanagement- und Analysewerkzeuge untersucht. Dazu wird eine technische Lehr- und Lernumgebung iterativ entwickelt und in projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt sowie evaluiert. Eine solche Umgebung, die zur Unterstützung der Lehre und des Lernens Projektmanagement- und Analysewerkzeuge beinhaltet, wird als Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (LLUA) bezeichnet.

Zum anderen wird ein Rahmenwerk entwickelt, das Veranstaltende projektbasierter Lehrveranstaltungen dabei unterstützt, eine LLUA selbst technisch zu entwerfen, umzusetzen und zu betreiben, sodass sie ihre eigenen Lehrveranstaltungen mit einer LLUA durchführen können. Unter anderem beinhaltet das Rahmenwerk die Realisierung einer exemplarischen LLUA⁶. Das bietet Interessierten die Möglichkeit, diese konkrete LLUA einfach in Betrieb zu nehmen und einzusetzen.

Wie bereits in der Einleitung dieser Arbeit beschrieben (s. „Lösungsansatz und methodisches Vorgehen“ (S. 9)), werden die LLUA und das Rahmenwerk in enger Zusammenarbeit mit Veranstaltenden und Teilnehmenden projektbasierter Lehrveranstaltungen iterativ, agil und exploratorisch entwickelt sowie evaluiert. Zum einen wird dabei die Kultur des PAOSE-Ansatzes (s. Abschnitt 2.6.1) berücksichtigt und zum anderen lehnt sich das Vorgehen an die *Design Science Research Methodology* für Informationssysteme an (s. Abschnitt 4.4), wie sie in [Hevner u. a. 2004; Peffers u. a. 2007] beschrieben wird.

⁶ *Beispielhaft* bedeutet in diesem Zusammenhang „als Beispiel dienend“ und nicht „vorbildlich, muster-gültig“.

Zur Unterstützung der Entwicklung und Evaluation wird außerdem eine neue projektbasierte Lehrveranstaltung gestaltet, deren Lerninhalt die Datenanalyse mittels *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) im Team ist (s. Abschnitt 2.6.3). Gemeinsam mit den Veranstaltenden und Teilnehmenden werden mit Hilfe der LLUA sowohl die Instanzen der neuen Lehrveranstaltung als auch die Instanzen einer projektbasierten Lehrveranstaltung (s. Abschnitt 2.6.2), deren Lerninhalt die kollaborative und verteilte Softwareentwicklung im Team ist, begleitet und untersucht.

Unterstützung der Lehre und des Lernens durch Projektmanagement- und Analysewerkzeuge

Die zu untersuchenden Informatik-Lehrveranstaltungen der Universität Hamburg werden in der Unterrichtsform Praktikum oder Projekt (vgl. Seite 14) durchgeführt. Zunächst werden diese Lehrveranstaltungen jeweils als ein Projekt betrachtet, das ähnliche Charakteristika (s. Seite 19) aufweist, wie Projekte in der Wirtschaft. Die zu erschaffene Lehr- und Lernumgebung wird ausgehend von einer vorhandenen Lehr- und Lernumgebung der oben genannten Lehrveranstaltungen entwickelt. Diese wurde bereits in Abschnitt 3.2.2 beschrieben. Auf dieser Grundlage werden für verteilte Softwareentwicklungsprojekte typische Projektmanagementwerkzeuge vorgeschlagen, um das Verwalten und Planen der Tätigkeiten und der Arbeitszeit der agierenden Personen sowie deren Kommunikation und Kollaboration zu unterstützen. Um eine geeignete Auswahl an Werkzeugen zu treffen, werden die Herausforderungen beim Lehren und Lernen auf der Grundlage von Interviews der Veranstaltenden und Teilnehmenden sowie eigener Erfahrungswerte des Autors dieser Arbeit erhoben und kontinuierlich angepasst. Die Auswahl geeigneter Werkzeuge hängt zudem von einem weiteren Faktor ab – der Fähigkeit Daten aufzuzeichnen, die sich für die Beantwortung von speziellen Analysefragen eignen (s. u.). Diese Werkzeuge werden dann in den oben genannten projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt und deren Nutzen erprobt. Das Ziel dieser Erprobung ist die Untersuchung der Forschungsfrage F01 und Validierung der Hypothese H01 sowie deren einzelner Teile (s. Seite 87 ff. und Seite 92 ff.).

Für die Untersuchung der Forschungsfrage F02 und Validierung der Hypothese H02 sowie deren einzelner Teile (s. Seite 89 ff. und Seite 93 ff.) werden u. a. fortlaufend Analysefragen entwickelt. Diese werden ebenfalls basierend auf Interviews der Veranstaltenden und Teilnehmenden sowie eigener Erfahrungswerte des Autors dieser Arbeit erhoben und kontinuierlich angepasst. Um Daten aufzuzeichnen, die sich für die Beantwortung der Analysefragen eignen, werden die auszuwählenden Projektmanagementwerkzeuge hinsichtlich dieser Fähigkeit geprüft. Wie bereits oben erwähnt, beeinflussen die Fähigkeiten der Aufzeichnung von geeigneten Daten die Auswahl der zu wählenden Projektmanagementwerkzeuge. Entsprechend dem Datenanalyseprozess (s. Abschnitt 2.3.5) müssen die Daten nach der Aufzeichnung mindestens extrahiert und ggf. bereinigt und transformiert werden, bevor sie verlässlich und effizient für die Durchführung von Analysen eingesetzt werden können. Zur Wahrung des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte wird ermittelt, wie die Daten vor der Analyse mindestens pseudonymisiert werden können. Für diese Herausforderungen werden Methoden, Techniken und Werkzeuge vorgeschlagen und deren Einsatz praktisch erforscht. Nachdem die Daten aufbereitet worden sind, können sie analysiert werden. Zu diesem Zweck werden im Kontext dieser Arbeit die beiden Disziplinen *Business Intelligence* (BI, s. Seite 30) und *Process Mining* (PM, s. Seite 32) sowie entsprechende Werkzeuge eingesetzt.

Teil des Lösungsansatzes ist es, die Veranstaltenden und Teilnehmenden durch adäquate Visualisierungen (wie z. B. Diagramme und Prozesse) der analysierten Daten zu unterstützen. Die beiden Disziplinen weisen das Potenzial auf präzise und nachvollziehbare Informationen aus Daten zu gewinnen. Es wird davon ausgegangen, dass das LLUA-Rahmenwerk nicht alleinig von ExpertInnen der Datenanalyse genutzt wird. Vielmehr soll es einen Einstieg in die Analyse der Daten projektbasierter Lehrveranstaltungen bieten. Die analysierenden Personen sollen die Daten und die aus ihnen entstehenden Visualisierungen sukzessiv explorieren können. Unter anderem auf diese Weise soll ihre Datenkompetenz gestärkt werden. Sie sollen die Möglichkeit erhalten die Erkennung von möglichen Fehlern, Mängeln und Risiken zu erlernen sowie sich ihrer Verantwortung bewusst zu werden, die mit der Verwendung der Daten einhergeht. Dies sind einige Gründe für die Wahl der beiden Analysedisziplinen BI und PM. Ausführlicher wird diese Wahl auf Seite 246 begründet.

Die gewinnbringende Kommunikation der Analyseergebnisse und die darauffolgenden Auswirkungen sowie die mit der Erstellung und Aufbereitung der Analysen verbundene Arbeitslast werden anhand des Einsatzes in den oben genannten projektbasierten Lehrveranstaltungen erforscht. In Bezug auf die Forschungsfrage F03 und die Hypothese H03 sowie deren einzelne Teile (s. Seite 90 ff. und Seite 94 ff.) werden – unter Einbeziehung der Veranstaltenden und Teilnehmenden – Analysefragen entwickelt und untersucht. Diese werden mit Hilfe der Fähigkeiten der LLUA ausgewertet und die Ergebnisse auf ihren potenziellen Mehrwert hin eingeordnet, bevor diese den betroffenen Personen erläutert bzw. zur Verfügung gestellt werden. In diesem Zuge wird geprüft, ob sich in den Daten erkennbare Veränderungen in der Zeit nach der Veröffentlichung der Ergebnisse abzeichnen. Außerdem wird der Mehraufwand bei der Durchführung der Analysen erhoben und der Analyseprozess sukzessive automatisiert.

Entwicklung eines Rahmenwerks zur Realisierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung

Die vollständige Entwicklung einer adaptierbaren Lehr- und Lernumgebung, die Projektmanagement und Datenanalyse miteinander integriert, ist ein langwieriger und aufwendiger Prozess (vgl. [Daniel 2015; Nguyen u. a. 2020]). Aus diesem Grund wird hier ein Rahmenwerk bereitgestellt, das Veranstaltende u. a. bei der Entwicklung und Umsetzung unterstützt.

Zur Untersuchung der Forschungsfragen und Validierung der Hypothesen trägt das Rahmenwerk indirekt bei, respektive ist das Rahmenwerk das Reservoir, in welches die aus den Untersuchungen gewonnenen praxisorientierten Erfahrungen fließen und Veranstaltende und Teilnehmende schöpfen können. Durch das Rahmenwerk werden die erlangten Erfahrungen und Ergebnisse bereitgestellt sowie nutzbar und übertragbar gemacht.

Das Rahmenwerk integriert konzeptionell Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge der Bereiche Projektmanagement und Datenanalyse, die bei der Erprobung im praktischen Einsatz einer LLUA positiv bewertet wurden. Zum einen kann das Rahmenwerk von Veranstaltenden projektbasierter Lehrveranstaltungen dazu eingesetzt werden, eine eigene LLUA technisch zu entwerfen und umzusetzen. Zum anderen beinhaltet das Rahmenwerk die Realisierung einer exemplarischen LLUA. Das umfasst den technischen Entwurf sowie die Umsetzung (inklusive technischer Artefakte und Anleitungen) und bietet Interessierten die Möglichkeit, eine konkrete LLUA einfach in Betrieb zu nehmen und einzusetzen. Die

Übertragbarkeit auf andere projektbasierte Lehrveranstaltungen wird durch die Beschreibung einer systematischen Betrachtungsweise derartiger Lehrveranstaltungen vereinfacht.

4.4 Ziele, Anforderungen und Vorgehen

Um die im vorherigen Abschnitt 4.3 („Lösungsansätze“) aufgeführten Beiträge zu leisten und die Ergebnisse zu präsentieren wird das folgende Vorgehen angestrebt, welches in Form von zu erreichenden Zielen und den Anforderungen an die Ergebnisse formuliert ist.

Das oberste Ziel dieser Arbeit ist, ein Rahmenwerk zu entwickeln und bereitzustellen, das von Veranstaltenden in der Informatik genutzt werden kann, um eine Lehr- und Lernumgebung zu entwerfen und zu implementieren, mit der sie ihre projektbasierten Lehrveranstaltungen planen, organisieren, durchführen, analysieren und auswerten können (vgl. „Zielsetzung“ (S. 6)). Wie bereits in dem vorherigen Abschnitt angedeutet (s. Seite 98), basiert die Entwicklung des Rahmenwerks auf der Untersuchung der Forschungsfragen (s. Seite 87 ff.) und Validierung der Hypothesen (s. Seite 92 ff.). Aus diesen Vorhaben werden u. a. die Erfahrungen und Erkenntnisse gewonnen, die das Rahmenwerk prägen.

Das oberste Ziel wird unten in seine Teilziele zerlegt. Wie bereits in der Einleitung des Teil II beschrieben (s. Seite 85), sind die Ergebnisse das Produkt zahlreicher Iterationen, die aus mehreren Phasen bestehen. Somit sind auch die hier definierten Teilziele nicht in Gänze nacheinander zu erreichen, sondern werden im Laufe des Entwicklungsprozesses mit jeder Iteration angepasst und/oder erweitert sowie ihre Erfüllung komplementiert. Zugunsten des Leseflusses sollen die Ziele, die Anforderungen an die Ergebnisse sowie die Ergebnisse selbst über die Iterationen hinweg jeweils phasenweise zusammengefasst werden.

Das Vorgehen ist an die iterative *Design Science Research Methodology* für Informationssysteme, wie sie in [Hevner u. a. 2004; Peffers u. a. 2007] beschrieben wird, angelehnt und berücksichtigt dabei ihre sechs zentralen Aktivitäten:

1. Problemidentifizierung und Motivation
2. Definition der Ziele einer Lösung
3. Entwurf und Entwicklung
4. Demonstration
5. Evaluation
6. Kommunikation

Das zu entwickelnde *Artefakt* stellt dabei das LLUA-Rahmenwerk dar. Diese Aktivitäten werden außerdem vor dem Hintergrund der Kultur des PAOSE-Ansatzes durchgeführt – wie sie bereits in der Einleitung dieser Arbeit beschrieben wurde (s. Abschnitt 1.5).

Entwicklung einer konzeptionellen Betrachtungsweise für die Analyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen

Zur Unterstützung der Entwicklung und des Einsatzes des Rahmenwerks wird eine konzeptionelle Betrachtungsweise für projektbasierte Lehrveranstaltungen sukzessive entwickelt (s. Kapitel 5 bis Kapitel 10). Diese zerlegt den Kosmos *projektbasierte Lehrveranstaltung* in einzelne Teile und beschreibt, wie die Teile ineinandergreifen und voneinander abhängen sowie profitieren. Die systematische Betrachtung wird sowohl als wachsendes

Werkzeug und Orientierung für die Durchführung dieser Arbeit genutzt, als auch zu den Forschungsergebnissen gezählt.

Da im Vordergrund dieser Arbeit die Unterstützung der Veranstaltenden und Teilnehmenden von projektbasierten Lehrveranstaltungen steht, muss sich die Zerlegung auf die Akteure und deren Ziele, Herausforderungen und Tätigkeiten fokussieren. Die Abbildung der erfahrenen Realität auf eine solche Betrachtungsweise wird als konzeptionelle Grundlage genutzt, um zu untersuchen, wie die einzelnen Akteure durch eine technische Umgebung unterstützt werden können. Die technische Umgebung wird ebenfalls nach diesem einheitlichen Vorbild konzipiert und ergänzt somit das gesamte Modell.

Entwicklung der Anforderungen an eine LLUA und das Rahmenwerk

Der Ausgangspunkt einer Iteration zur Entwicklung des Rahmenwerks wird durch die Entwicklung der Anforderungen an das Rahmenwerk geschaffen (s. Abschnitt 6.1 bis Kapitel 9). Zu diesem Zweck werden funktionale und nicht-funktionale⁷ Anforderungen definiert und/oder angepasst. Die Anforderungen werden von Zielen und Herausforderungen aus der Realität abgeleitet und haben den Anspruch, realistisch umsetzbar zu sein.

Da die Inhalte des Rahmenwerks von dem damit zu realisierenden Produkt abhängen – und somit auch die Anforderungen – und dieses Produkt über die Iterationen hinweg einem Wandel unterliegt, werden zunächst die (neu identifizierten bzw. erfahrenen) Ziele und Herausforderungen beim Lehren, Lernen und Daten analysieren in projektbasierten Lehrveranstaltungen erhoben und/oder angepasst. Dadurch wird forciert, dass das Rahmenwerk Anforderungen erfüllt, die aus der Realität abgeleitet wurden. Anschließend wird eine abstrakte LLUA und infolgedessen das Rahmenwerk skizziert. Ferner müssen die Rahmenbedingungen festgelegt werden, denen die Entwicklung des Rahmenwerks und der LLUA Folge leisten müssen. Aus den erhobenen Zielen und Herausforderungen werden jene ausgewählt, in denen die agierenden Personen im Kontext dieser Arbeit unterstützt werden sollen. Auf dieser Basis werden die Anforderungen an die zu realisierende LLUA und das zu entwickelnde Rahmenwerk festgelegt.

Bei dem Verfolgen dieses Teilziels sollen detaillierte Vorlagen für eine LLUA und das Rahmenwerk kreiert werden, welche die hier definierten Anforderungen erfüllen. Durch das Erreichen dieses Teilzieles werden eine LLUA und das Rahmenwerk bereits grob konzipiert und spezifiziert. In den weiteren Teilzielen *Konzeption des Rahmenwerks* und *Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks* werden beide Vorlagen aufgegriffen und mit konkreteren Inhalten ausgefüllt.

Konzeption des Rahmenwerks

Nachdem die Anforderungen an das Rahmenwerk (weiter-)entwickelt wurden, können die zentralen Konzepte des Rahmenwerks (weiter-)ausgearbeitet werden.

Das Rahmenwerk ist strukturell aus Clustern und darunterliegenden Modulen konzipiert. Die Inhalte des Rahmenwerks werden in einzelne Cluster zerlegt, die jeweils einen übergeordneten Zweck erfüllen (z. B. Unterstützung der Organisation und Kollaboration). Innerhalb der Cluster werden Module gebildet, die wiederum zu unterstützende Tätigkeitsfelder der Akteure bündeln (z. B. Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen). Die-

⁷Zu diesen zählen u. a. konzeptionelle, technische, ethische Anforderungen sowie Anforderungen an die Benutzbarkeit, Portierbarkeit, Umsetzbarkeit und Datenschutz.

se Module werden aus den zuvor gruppierten Anforderungen abgeleitet. Für jedes Modul werden zu unterstützende Tätigkeitsfelder (z. B. Aufgabenmanagement) ausgewählt und argumentiert, wieso genau diese Aspekte unterstützt werden. Des Weiteren wird definiert, inwiefern das Rahmenwerk die einzelnen Tätigkeitsfelder unterstützt.

Die Konzeption des Rahmenwerks ergänzt außerdem die grobe Konzeption und Spezifikation einer LLUA, da festgelegt wird, in welchen Bereichen die Entwicklung einer LLUA unterstützt wird.

Während der Konzeption muss die Umsetzbarkeit vor dem Hintergrund der vorher festgelegten Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Das Rahmenwerk soll über den Zustand der Konzeption hinauswachsen und im Kontext dieser Arbeit um- und eingesetzt werden können, um eine tatsächliche LLUA aufzusetzen, die wiederum in einer praxisorientierten Lehrveranstaltung genutzt werden kann.

Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks

Die konzeptionell entwickelten Cluster und Module des Rahmenwerks werden durch die Spezifikation und Ausgestaltung (weiter-)konkretisiert.

Für die Module werden Arten von Werkzeugen (z. B. *Issue-Tracker*) und Disziplinen (z. B. *Process Mining*) festgelegt, die eingesetzt werden, um die im Voraus definierten Anforderungen zu erfüllen und somit den Umgang mit den Herausforderungen zu unterstützen. Es wird beschrieben, welche Dienste von den Werkzeugarten bereitgestellt und wie diese miteinander integriert werden. Außerdem wird hervorgehoben, welche Daten durch die Verwendung der Dienste aufgezeichnet werden können. In diesem Zuge werden Alternativen diskutiert sowie die Auswahl der Werkzeugarten und Disziplinen begründet.

Die Ausgestaltung beinhaltet außerdem den feinen Entwurf einer exemplarischen LLUA, da festgelegt wird, inwiefern die Integration welcher Methoden, Techniken und Werkzeugarten unterstützt wird.

Wie bereits während der Konzeption muss auch bei der Ausgestaltung die Umsetzbarkeit vor dem Hintergrund der vorher festgelegten Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

Technische Bereitstellung des Rahmenwerks

Das Rahmenwerk wird nicht nur konzipiert und ausgestaltet, sondern auch technisch realisiert und bereitgestellt. Das heißt, dass das Rahmenwerk als konzeptionelles Mittel sowie als praktisches Werkzeug eingesetzt werden kann.

Die technische Realisierung bedient und ermöglicht die Integration aller zuvor spezifizierten Cluster, Module und Werkzeugarten. Dies umfasst außerdem den technischen Entwurf und die Implementierung der exemplarischen LLUA. Für diese werden konkrete Werkzeuge ausgewählt und beschrieben, wie sie einzusetzen sind, sodass die Veranstaltenden und Teilnehmenden in ihren Herausforderungen unterstützt werden. Die Auswahl der Werkzeuge wird u. a. vor dem Hintergrund der definierten Rahmenbedingungen und entwickelten Anforderungen begründet.

Die technische Realisierung des Rahmenwerks muss von Veranstaltenden dafür eingesetzt werden können, eine konkrete LLUA aufzusetzen und zu betreiben. Diese muss die zuvor entwickelten Anforderungen an eine solche Umgebung erfüllen.

Technische Realisierung und Einsatz einer LLUA

Zur Erprobung und Evaluation des Rahmenwerks wird eine konkrete LLUA technisch realisiert.

Die LLUA wird zur Planung, Durchführung und Analyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt. Dieses Vorhaben dient als *Proof of Concept* für das Rahmenwerk und seine angestrebten Fähigkeiten. Darüber hinaus ermöglicht der praktische Einsatz der LLUA die Erprobung der durch das Rahmenwerk vorgegebenen Konzepte. Die gewonnenen Erfahrungen beim Einsatz der LLUA fließen zurück in das Rahmenwerk. Davon ausgehend wird die LLUA wiederholt entsprechend angepasst.

Evaluation der LLUA

Es wird LLUA wird, ob und inwiefern die zuvor festgelegten Anforderungen durch die gewählte Realisierung und durchgeführte Integration erfüllt werden.

Die eingesetzte LLUA muss von den Veranstaltenden und Teilnehmenden als unterstützend wahrgenommen werden sowie dazu beitragen, die Forschungsfragen zu untersuchen und die Hypothesen zu validieren.

Evaluation und Kommunikation der Inhalte des Rahmenwerks

Um sicherzustellen, dass das Rahmenwerk seinen angestrebten Zweck erfüllt, wird es einer Evaluation unterzogen. Diese gliedert sich in drei Stufen.

Die erste und zweite Evaluationsstufe werden bereits durch die beiden zuvor genannten Ziele abgedeckt. Es wird gezeigt, dass (1) das Rahmenwerk (technisch) realisiert werden kann und (2) Veranstaltende mit Hilfe des Rahmenwerks eine konkrete LLUA technisch realisieren und einsetzen können, die sie und die Teilnehmenden als unterstützend bewerten. Die dritte Stufe der Evaluation konzentriert sich darauf, (3) inwiefern das Rahmenwerk und eine damit zu realisierende LLUA zur Untersuchung der Forschungsfragen und Validierung der Hypothesen beitragen.

Durch die Kommunikation der aktuellen Inhalte des Rahmenwerks, werden weitere Personen einbezogen, die eine besondere Relevanz bei der Entwicklung des Rahmenwerks aufweisen.

Fundierend auf der Evaluation und den gewonnenen Erkenntnissen wird ggf. die nächste Iteration im Entwicklungsprozess initiiert.

Die Phasen des Entwicklungsprozesses sind zur Veranschaulichung in Abbildung 4.1 grafisch grob dargestellt. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Iterationen sich überschneiden können und somit die Phasen unterschiedlicher Iterationen nicht sequenziell aufeinander folgen müssen. So können z. B. während die technische Realisierung der LLUA durchgeführt wird, neue Herausforderungen erhoben werden. Die einzelnen Phasen werden in den folgenden Kapiteln iterationsübergreifend beschrieben.

4.5 Zusammenfassung

Die Verfeinerung der Forschungsfragen spannt drei Untersuchungskomplexe auf: (1) Unterstützung des Planens und Koordinierens, (2) Unterstützung des Datenanalysierens und

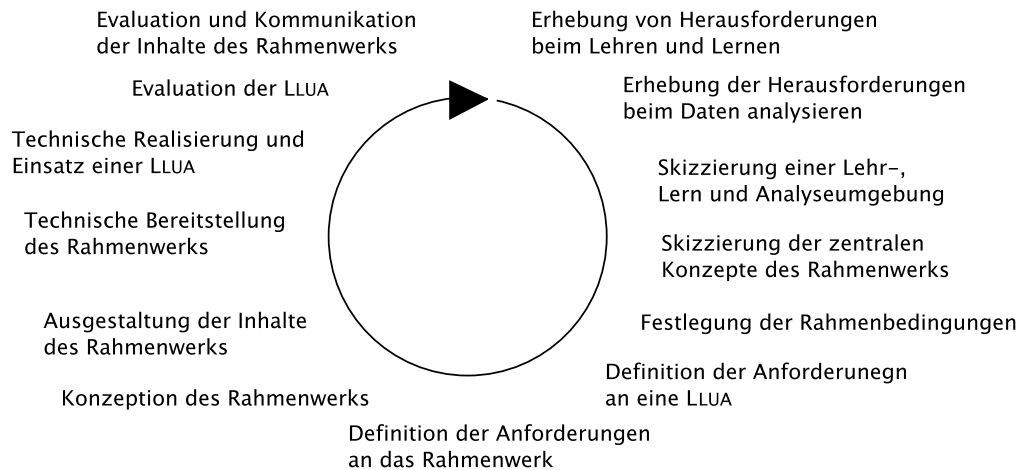


Abbildung 4.1: Grobe Visualisierung des Entwicklungsprozesses für das LLUA-Rahmenwerk. Zu lesen im Uhrzeigersinn von rechts oben bis links oben.

(3) Bewertung des Potenzials von Datenanalysen. Diese Untersuchungskomplexe werden durch die formulierten Hypothesen und ihre weitere Verfeinerung zielgerichtet eingegrenzt.

Die Erforschung dieser Fragen und Hypothesen gliedert sich in zwei Bereiche. Zum einen wird eine technische Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (LLUA) entwickelt, welche in – teilweise für dieses Forschungsprojekt geschaffenen – projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt wird. In dieser Umgebung werden Projektmanagement- und Analysewerkzeuge miteinander gekoppelt. Zum anderen wird ein Rahmenwerk entwickelt, welches von Veranstaltenden und Teilnehmenden dazu eingesetzt werden kann, eine LLUA zu entwickeln und einzusetzen. Letzteres wird als zentrales Ziel dieses Forschungsprojekts angesehen.

Das iterative Vorgehen bei der Entwicklung folgt der Kultur des PAOSE-Ansatzes und ist an die *Design Science Research Methodology* für Informationssysteme angelehnt.

5 Förderung der systematischen Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen

Ein wesentliches Konzept des bereitzustellenden Rahmenwerks ist die systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen. Dieses Konzept wird im Detail in Abschnitt 10.2, S. 215 und Abschnitt 12.1 weiter ausgearbeitet und diskutiert. Da diese systematische Betrachtungsweise in den meisten Phasen des Entwicklungsprozesses als hilfreiches Werkzeug zur Zerlegung der Domäne in ihre fachlichen Aspekte (vgl. *Domain-driven Design* [Millett und Tune 2015]) sowie zur Einordnung und Vermittlung der Informationen genutzt werden kann, wird das Konzept hier in seinen Grundzügen eingeführt.

Im Zuge der Entwicklung und Erprobung des Rahmenwerks, hat sich zur Förderung der einheitlichen Auffassung eine Abbildung von Multiagentensystemen (s. „Agenten“ (S. 33)) auf projektbasierte Lehrveranstaltungen als hilfreich erweisen. Diese wird in Abschnitt 5.1 grundlegend eingeführt. In Abschnitt 3.1.2 wurden bereits Abbildungen von Multiagentensystemen (MAS) auf real-weltliche Strukturen aus der Literatur angeführt. Die hier entwickelte Abbildung lehnt sich an diese an und beruft sich auf deren Argumentationen.

5.1 Hin zu einer Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme

Wenn im Folgenden von Multiagentensystemen (MAS) die Rede ist, dann sind darunter MAS nach dem Vorbild des MULAN/CAPA-Rahmenwerks (s. Seite 35) zu verstehen. Da die MULAN-Agenten auf Petrinetzen (s. Seite 38) bzw. Referenznetzen (s. Seite 38) basieren, liegt ihnen eine operationale Semantik zugrunde. Auf diese Weise können Systeme MAS-orientiert betrachten sowie entwickeln werden, während gleichzeitig das Verhalten der einzelnen Bestandteile bzw. somit auch das des gesamten Systems in Form von Prozessen beschrieben wird.

Wie bereits in Abschnitt 2.4.1 beschrieben, werden Agenten mindestens die folgenden Charakteristika zugesprochen: Autonomie, soziale Fähigkeiten, Selbstorganisation, Reaktivität, Pro-Aktivität, Mobilität und Lernen. Die Plattformen in einem MAS stellen den Agenten die Möglichkeit zur Kommunikation untereinander und über Plattformgrenzen hinweg bereit. Plattformen sind in eine Umgebung bzw. Infrastruktur eingebettet und beinhalten Agenten. Die Agenten wiederum beinhalten eine Wissensbasis (Informationen, Ziele, Absichten (s. Abschnitt 10.2.4)), Entscheidungskomponenten (internes Verhalten) und Protokolle (externes Verhalten). Außerdem bieten die Agenten Dienste an. All dies wird durch die Rollen geprägt, aus denen die Agenten aggregiert werden. Die Agenten kommunizieren miteinander in Form von Interaktionen. Eine Interaktion setzt sich aus dem externen Verhalten der Agenten zusammen, die an dieser beteiligt sind. Mögliche

InteraktionspartnerInnen werden durch die von den Agenten angebotenen Dienste identifiziert.

Projektbasierte Lehrveranstaltungen sind in die Universität eingebettet und an ihnen nehmen Personen teil. Diese Personen weisen Wissen und internes (z. B. Entscheidungsfindung) sowie externes Verhalten auf. Im Kontext der Lehrveranstaltung kommunizierten die Personen miteinander und bieten untereinander Dienste (z. B. Hilfestellungen) an. Das Wissen und Verhalten der Personen werden durch ihre in der Lehrveranstaltung eingenommenen Rollen beeinflusst.

Nach dieser Beschreibung ist die Abbildung der Bestandteile eines MAS auf projektbasierte Lehrveranstaltungen zunächst trivial. Grafisch dargestellt ist dies in Abbildung 5.1. In der Metapher der Lehrveranstaltung als MAS entspricht die Universität der Infrastruktur bzw. der Umgebung, in welche eine Lehrveranstaltung eingebettet ist. Die Lehrveranstaltung selbst stellt die direkte Umgebung für die Personen dar, genauso wie eine Plattform die direkte Umgebung für die Agenten darstellt. Somit sind die agierenden Personen in diesem Bild Agenten eines MAS, die miteinander kommunizieren können. Diese Personen nehmen im Kontext der Lehrveranstaltung (der Plattform) Rollen ein, welche wiederum ihr Wissen, Ziele und Absichten (Wissensbasis), ihre angebotenen Dienste und ihr internes (Entscheidungskomponenten) sowie externes Verhalten (Protokolle) prägen¹.

In diesem Bild sind die agierenden Entitäten (Agenten) bisher nur einzelne Personen. Um die Metapher in den folgenden Phasen hilfreich einzusetzen, fehlt jedoch noch ein weiterer Schritt. Gruppen von Personen (Teams) können von außen als eine geschlossene Einheit betrachtet werden. Somit können die agierenden Entitäten nicht nur einzelne Personen, sondern auch Teams sein. Diese nehmen genau, wie Personen im Kontext der Lehrveranstaltung, Rollen ein und weisen ebenfalls Wissen, internes und externes Verhalten auf. Eine solche Betrachtung berücksichtigt die Theorie der *Holonic Multiagent Systems* [Fischer 1999], mittels dessen Zusammenschlüsse von Agenten, die z. B. ein gemeinsames Ziel verfolgen, im organisationalen Kontext als eine Einheit (ein *Holon*) betrachtet und behandelt werden können.

Wird die Perspektive gewechselt und ein Team nicht von außen, sondern von innen betrachtet, wird deutlich, dass sich das Wissen und das Verhalten aus dem Wissen, dem internen sowie externen Verhalten der einzelnen Teammitglieder zusammensetzt. Die genaue Vorgehensweise, um dies auf die Komponenten eines MAS abzubilden, wird hier zunächst nicht weiter ausgeführt, sondern erst in Abschnitt 10.2 konzeptionell erarbeitet und in Abschnitt 12.1 an einem Beispiel erläutert. An dieser Stelle soll lediglich daran erinnert werden, dass ein Team nicht nur als eine geschlossene Einheit zu interpretieren ist.

Das System „projektbasierte Lehrveranstaltung“ besteht jedoch nicht nur aus Personen, also der menschlichen Umgebung, sondern auch aus der technischen Umgebung. Im Zuge dieses Forschungsprojekts kann eine projektbasierte Lehrveranstaltung in Gänze als *soziotechnisches System* (vgl. [Emery und Trist 1969; Karafyllis 2019]) betrachtet werden.

Demnach lassen sich nicht nur die Personen der menschlichen Umgebung als Agenten auffassen, sondern auch Teile der technischen Umgebung (z. B. Softwareanwendungen und Plugins) bzw. die gesamte menschliche und technische Umgebung kann als ein MAS be-

¹An dieser Stelle soll angemerkt sein, dass natürliche Personen selbstverständlich aus mehr bestehen und immer auch Rollen einnehmen, die nicht im Kontext einer Lehrveranstaltung existieren. Diese Sicht ist eine starke Abstraktion.

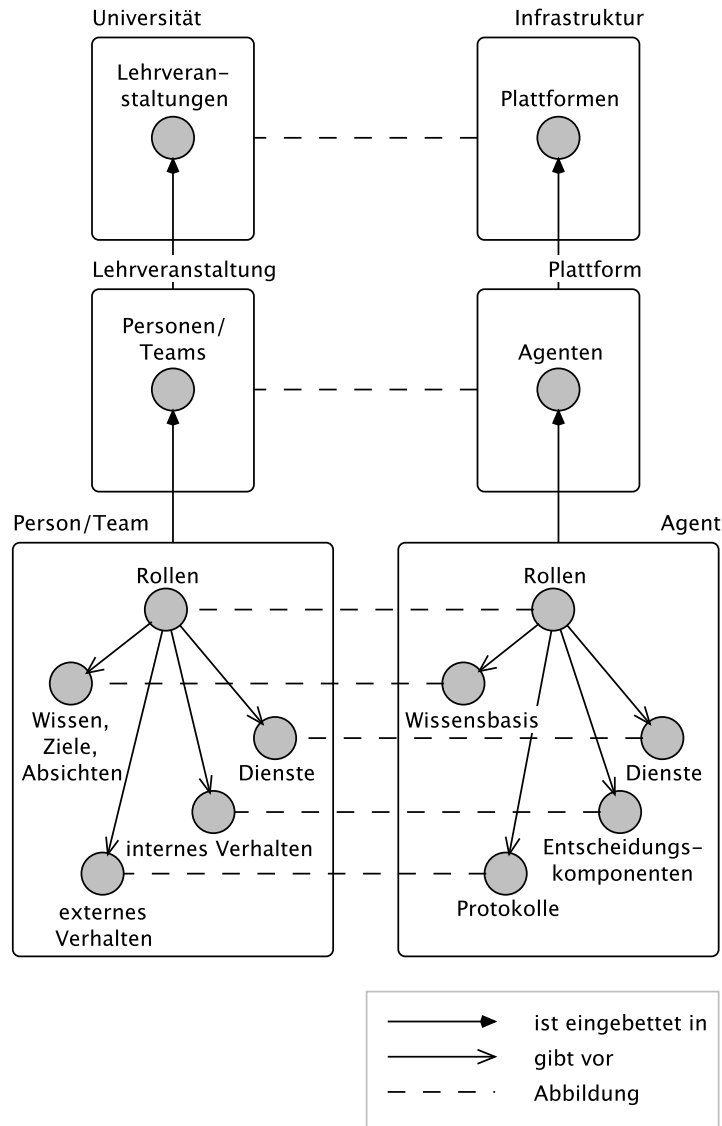


Abbildung 5.1: Abbildung einiger Konzepte allgemeiner Lehrveranstaltungen auf Konzepte von Multiagentensystemen.

schrieben werden. Ohne an dieser Stelle zu tief ins Detail zu gehen, soll gesagt sein, dass dieser konzeptionelle Ansatz im Kontext dieses Forschungsprojekts zur Fortentwicklung der technischen Umgebung eingesetzt wurde (s. Abschnitt 10.2.3 und Seite 266 ff.). Die Dienste, die zunächst von Rollen erbracht werden, die von menschlichen Personen (Agenten) ausgelebt werden, können, z. B. mittels einer technischen Automatisierung, von der menschlichen Umgebung in die technische Umgebung (Dienste, Rollen und Agenten) transferiert werden.

Dies deutet außerdem den Sachverhalt an, dass die technische Umgebung an die Bedürfnisse der menschlichen Umgebung angepasst wird. Während sich die Interna der Personen in einer Lehrveranstaltung über die Zeit wandeln, z. B. durch neu erlangtes Wissen, er-

lernte Fähigkeiten und zugeteilte Verantwortungen, modifiziert sich das MAS nicht nur auf der menschlichen, sondern auch auf der technischen Ebene selbst. Ein Konzept für die Modifikation des Systems „projektbasierte Lehrveranstaltung“ wird ab Seite 220 genauer ausgeführt.

5.2 Agenten und Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen

In dem vorangegangenen Abschnitt wurde bereits eine abstrakte Abbildung von MAS auf projektbasierte Lehrveranstaltungen präsentiert. In diesem Zuge wurde erwähnt, dass das Wissen sowie das interne und externe Verhalten der agierenden Entitäten – der Agenten, also der Personen bzw. Teams – von ihren Rollen geprägt werden, welche sie im Kontext der Lehrveranstaltung einnehmen. Die agierenden Entitäten in projektbasierten Lehrveranstaltungen wurden untersucht und ihnen wurden – im Sinne der Metapher der Lehrveranstaltung als MAS – Rollen zugesprochen. Einige der Rollen, die von den agierenden Entitäten eingenommen werden können, werden in diesem Abschnitt allgemein (nicht-fachlich) definiert. In diesem Zuge werden außerdem zwei Agenten spezifiziert, die in den Lehrveranstaltungen durch Personen verkörpert werden²: die Veranstaltenden und die Veranstaltungsteilnehmenden. Zur begrifflichen Vereinfachung werden letztere im Folgenden nur als Teilnehmende bezeichnet. Es ist nicht das Ziel alle Rollen abzubilden, die agierende Entitäten in projektbasierten Lehrveranstaltungen einnehmen könnten, sondern eine Auswahl zu treffen und eine nützliche Abstraktionsebene zu wählen. So wird ein vereinfachtes Modell der Wirklichkeit präsentiert, das dem Forschungsprojekt und dem Verständnis dieser Arbeit dienlich sind, ohne alle Eventualitäten abzudecken.

Die Spezifikation der Agenten und ihrer Rollen erfüllt einen mehrseitigen Zweck. Zum einen wird festgehalten, welche unterschiedlichen Ziele und Aufgaben die Rollen haben. Zum anderen können die Agenten und Rollen im weiteren Verlauf dieser Arbeit referenziert werden und auf diese Weise kann z. B. eine Zuordnung von Herausforderungen und Anforderungen zu ihnen erfolgen. Die daraus entstehende Ontologie dient somit nicht nur der akkuraten Arbeitsweise, sondern auch dem Leseverständnis. Die aufgeführten Rollen und Agenten lassen sich beliebig verfeinern und diskutieren.

Die Rollen und die daraus zu aggregierenden Agenten sind in Abbildung 5.2 dargestellt. Die Agenten manifestieren sich in der realen Welt als Veranstaltende (Dozierende, Lehrbeauftragte, Hilfskraft) und Teilnehmenden (Teilnehmende). Diese können sich – im Kontext dieser Arbeit – der vorliegenden Spezifikation entsprechend aus den abgebildeten Rollen zusammensetzen. Im Folgenden werden diese beiden Agentenspezifikationen (s. Abschnitt 5.2.1) sowie die Rollen natürlichsprachlich und inwiefern diese zur Formung der Agentenspezifikationen beitragen beschrieben (s. Abschnitt 5.2.2).

An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass Rollen selbst z. B. keine Ziele verfolgen, Handlungen durchführen oder Informationen speichern können. Das können nur die Agenten, die als Instanz eine Agentenspezifikation verkörpern, die eine Rolle (oder mehrere) beinhaltet. Dennoch werden zur sprachlichen Vereinfachung Formulierungen, wie „Die Rolle LehrerIn verfolgt das Ziel, der Rolle LernerIn etwas beizubringen.“ verwendet. Andernfalls müssten umständliche Formulierungen, wie „Der/Die AgentIn, der/die die Rolle LehrerIn

²Mit anderen Worten, die Agentenspezifikation wird als Agenteninstanz von Personen verkörpert. Im Kontext der objektorientierten Programmierung, wäre die Agentenspezifikation die Klasse, während die Agenteninstanz ein Objekt dieser Klasse ist.

einnimmt, verfolgt das Ziel, den Agenten, welche die Rolle LernerIn einnehmen, etwas beizubringen.“ genutzt werden. Diese sind für den Lesefluss jedoch hinderlich.

Im Zuge der folgenden Kapitel wird die Abbildung der Rollen und Agentenspezifikationen genutzt und sukzessive erweitert. Hier wird ein Grundstein gelegt, auf dem anschließend aufgebaut werden kann.

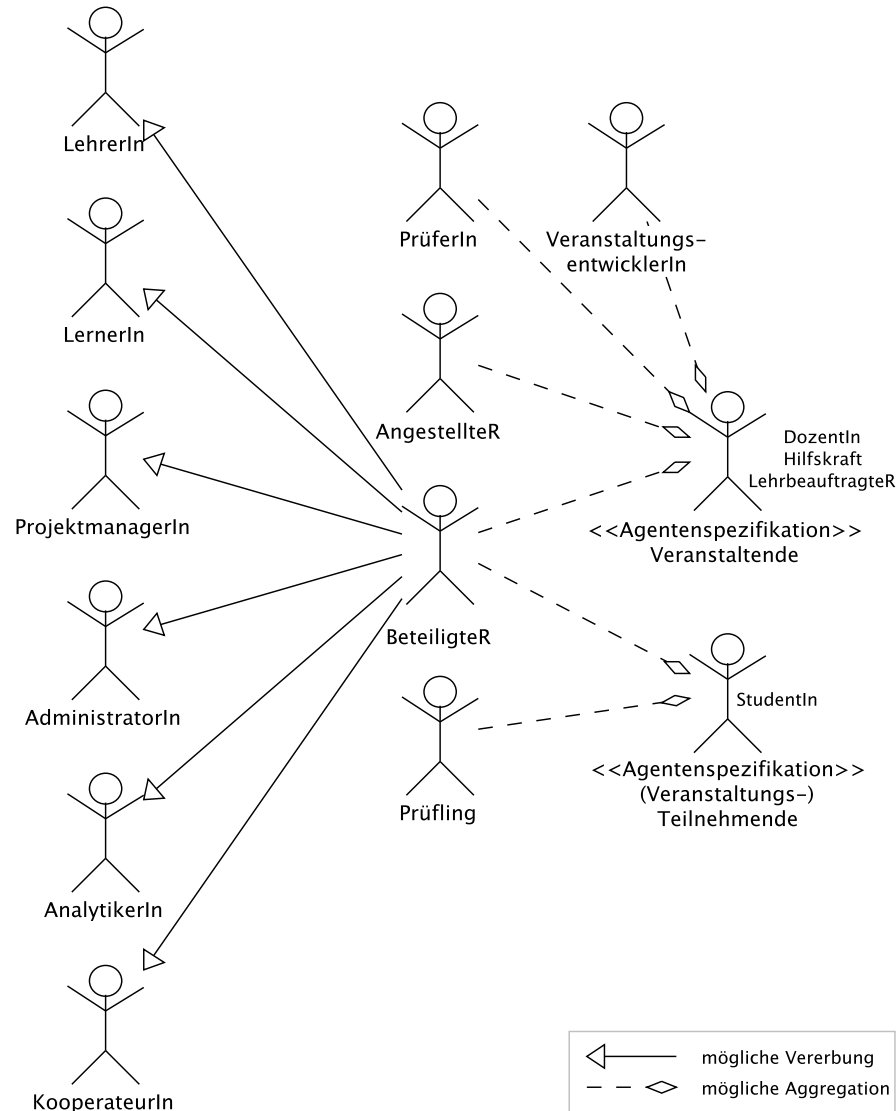


Abbildung 5.2: Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen. Die dargestellte Vererbung ist als „mögliche“ und nicht als „zwingende“ Vererbung zu verstehen.

5.2.1 Agenten

Im Kontext dieser Arbeit werden in projektbasierten Lehrveranstaltungen zwei Arten von Agenten spezifiziert und betrachtet: die VeranstalterIn und die (Veranstaltungs-)Teilnehmenden.

Beide Agentenspezifikationen lassen sich aus den in Abbildung 5.2 dargestellten Rollen aggregieren. Die einzelnen Rollen werden in dem nachfolgenden Abschnitt beschrieben. Als *Veranstaltende* treten DozentInnen, Lehrbeauftragte und (studentische) Hilfskräfte auf. *Teilnehmende* sind immer StudentInnen, welche die Lehrveranstaltung offiziell belegen, um eine Note bzw. ECTS zu erhalten. In einigen projektbasierten Lehrveranstaltungen partizipieren zudem Teilnehmende, die eine Seminar-/Abschlussarbeit im Kontext der Lehrveranstaltungen schreiben. Dies ist ein (seltener) Sonderfall, der hier im Sinne der Abstraktion vorläufig nicht konkreter betrachtet wird. Außerdem werden in diesem Modell zunächst keine sonstigen Angestellten der Universität betrachtet, obwohl diese durchaus wichtige Aufgaben im Rahmen einer Lehrveranstaltung wahrnehmen, wie z. B. Verwaltungsangestellte oder technisches Personal. Ohne diese wäre die Durchführung einer Lehrveranstaltung oft nicht möglich. Ihre mögliche Integration wird in Ansätzen in Abschnitt 18.1.5 diskutiert.

Wie in Abbildung 5.2 dargestellt, können einige Rollen sowohl von Veranstaltenden als auch von Teilnehmenden eingenommen werden. Andere wiederum können lediglich von Veranstaltenden oder von Teilnehmenden eingenommen werden. „Wie stark die Rollen im Rahmen [...] einer Lehrveranstaltung ausgelebt werden, kann z. B. von dem persönlichen Interesse, dem Engagement, der Tagesform, der aktuellen Situation, der zur Verfügung stehenden Zeit oder den Verantwortlichkeiten abhängen.“ [Seite 34]

Die Aufgaben und Tätigkeiten, die im MAS projektbasierte Lehrveranstaltung aufkommen, werden den Agenten in Abhängigkeit ihrer Rollen und deren Verantwortlichkeiten zugeordnet. So ist z. B. die konkrete Ausprägung des Agenten *Veranstaltende* abhängig davon, ob der Agent in der realen Welt ein Dozierender oder eine Hilfskraft ist. Eine/Ein DozierendeR hat gewöhnlich z. B. eine höhere Verantwortung, mehr Erfahrung und umfanglicheres Wissen als eine Hilfskraft. Die konkrete Tätigkeit der Rolle *PrüferIn*, nach Abschluss der Lehrveranstaltung die Gesamtnoten der Teilnehmenden einzutragen, obliegt gemeinhin den Dozierenden bzw. den Lehrbeauftragten und nicht den Hilfskräften. Durch eine geeignete Abstraktion lässt sich diese dennoch auf die Tätigkeit einer Hilfskraft abbilden, Teilergebnisse zu bewerten und diese in eine Liste der Teilnehmenden einzutragen. Beide Tätigkeiten werden zwar auf einer anderen Ebene durchgeführt, die aufkommenden Herausforderungen (z. B. gerechte Bewertung, Vergleichbarkeit, Richtigkeit und Sorgfalt) ähneln sich jedoch stark und sind somit beide im Rahmen der Rolle *PrüferIn* zu verstehen. Ähnlich verhält es sich z. B. mit den Tätigkeiten der Rolle *LehrerIn*. *Veranstaltende* haben eine andere Verantwortung und umfanglichere Aufgaben als *Teilnehmende*. Dennoch verfolgen auch *Teilnehmende* Ziele der Rolle *LehrerIn* und nehmen Aufgaben dieser Rolle wahr, wenn sie z. B. ein Thema aufbereiten und dieses den anderen Teilnehmenden und Veranstaltenden vermitteln. In diesem Beispiel agieren die Veranstaltenden dann in der Rolle *LernerIn*. Diese Argumentation wird in dem folgenden Abschnitt auch für die weiteren Rollen fortgeführt.

5.2.2 Rollen

Die Rollen, welche die agierenden Entitäten im Kontext einer Lehrveranstaltung einnehmen, werden in diesem Abschnitt benannt und natürlichsprachlich beschrieben. Grafisch sind diese in Abbildung 5.2 dargestellt. Das Ziel ist es, bei den LeserInnen eine Vorstellung der einzelnen Rollen zu erzeugen, ohne diese konkret auszuarbeiten. Somit wird auch an dieser Stelle kein Anspruch auf Vollständigkeit gelegt. Die Rollen werden erst in den

folgenden Kapiteln weiter konstruiert und um ihre konkreten Ziele und Absichten, ihre Dienste, die sie anderen Rollen anbieten und die Anforderungen, die sie an andere Rollen stellen, sowie um ihre strukturellen Beziehungen erweitert.

LehrerIn

Die Rolle LehrerIn will Agenten neues Wissen vermitteln und neue Fähigkeiten beibringen. Dazu präsentiert sie z. B. Informationen und steht als AnsprechpartnerIn für Hilfestellungen bei der Bearbeitung von Lehr- und Lern-Aufgaben zur Verfügung. Durch sie werden konkrete Lehrveranstaltungen umgesetzt.

Sie kann zur Formung beider Agentenspezifikationen (Veranstaltende und Teilnehmende) beitragen. Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, verfolgen auch Teilnehmende Ziele der Rolle LehrerIn und nehmen Aufgaben dieser Rolle wahr, wenn sie den anderen Agenten in einer Lehrveranstaltung etwas beibringen.

LernerIn

Die Aneignung von neuem Wissen und neuen Fähigkeiten sind Aufgaben der Rolle LernerIn.

Veranstaltende und Teilnehmende können diese Rolle beide einnehmen, denn auch die Dozierenden, Hilfskräfte und Lehrbeauftragte *lernen* in Lehrveranstaltungen. Sie werden z. B. ebenfalls mit Situationen konfrontiert, die zur Auflösung eine Weiterbildung erfordern oder sie bekommen von Teilnehmenden (die in diesem Fall im Kontext der Rolle LehrerIn handeln) – oder von anderen Veranstaltenden – etwas gezeigt oder beigebracht, das sie zuvor nicht wussten/konnten.

ProjektmanagerIn

Die Rolle ProjektmanagerIn will einen reibungslosen Ablauf der Lehrveranstaltung herbeiführen und dazu Agenten und Tätigkeiten koordinieren.

In einer projektbasierten Lehrveranstaltung ist es üblich, dass diese Aufgabe nicht alleinig von den Veranstaltenden wahrgenommen wird, sondern, die Teilnehmenden selbst in die koordinatorischen Prozesse mit eingebunden sind. Somit kann auch diese Rolle zur Aggregation der beiden Agentenspezifikationen VeranstalterIn und Teilnehmende genutzt werden.

AdministratorIn

Das Aufsetzen und Warten der technischen Umgebung, sowohl für Server- als auch für Client-Anwendungen, ist die Aufgabe der Rolle AdministratorIn.

Zwar fallen die Server-Anwendungen fast ausschließlich in die Verantwortlichkeit von Veranstaltenden, jedoch müssen häufig auch die Teilnehmenden ihre lokale technische Umgebung einrichten und warten. Aus diesem Grund kann auch diese Rolle zur Formung beider Agentenspezifikationen beitragen.

AnalytikerIn

Die Rolle AnalytikerIn unterstützt die anderen Rollen mit der Durchführung von Analysen im Rahmen der Lehrveranstaltung. Diese Analysen können z. B. durch Umfragen oder auf

der Grundlage von aufgezeichneten Daten durchgeführt werden. Andere Rollen können dadurch einen Informationsgewinn erhalten, den sie zur Reflexion von abgeschlossenen oder zur Planung weiterer Handlungen nutzen können.

Von einem Informationsgewinn zur Unterstützung des Reflektierens oder Planens können sowohl Veranstaltende als auch Teilnehmende profitieren. Veranstaltende interessiert z. B. wie viel Zeit die Teilnehmenden für bestimmte Tätigkeiten benötigen. Teilnehmende möchten z. B. ihren Lernfortschritt mit anderen Teilnehmenden vergleichen oder wissen, welche Lernmaterialien diese nutzen.

KooperateurIn

Die Eigenschaften von Agenten der Kommunikation, Kooperation und Kollaboration werden von der Rolle KooperateurIn verfeinert. Ihre Ziele sind es, mit anderen Agenten zu kooperieren und zu kollaborieren, um z. B. Lösungen für gemeinsame Aufgaben zu erarbeiten.

Sowohl für Veranstaltende als auch Teilnehmende ist es wichtig, Kontakte zu anderen Agenten herzustellen und z. B. mit diesen gemeinsam gleiche Artefakte zu bearbeiten. Auch diese Rolle kann also zur Aggregation beider Agentenspezifikationen beitragen.

BeteiligteR

Dient als Zwischenstufe und bündelt die Rollen, von denen sie erben kann. Sie wird dazu genutzt, die Schnittmenge der Rollen, aus denen beide Agentenspezifikationen aggregiert werden können, zusammenzufassen.

AngestellteR

Die Erfüllung von vertraglichen Anforderungen, Richtlinien und Regeln zu befolgen und umzusetzen, um persönliche, organisationale, soziale und gesellschaftliche Ziele zu erreichen, fällt in den Bereich der Rolle AngestellteR.

Agenten, welche die Rolle AngestellteR innehaben, haben einen Arbeitsvertrag mit dem Bildungsinstitut. Da Teilnehmende im Kontext einer Lehrveranstaltung keinen Arbeitsvertrag mit dem Bildungsinstitut haben, kann die Agentenspezifikation Teilnehmende auch nicht die Rolle AngestellteR beinhalten.

PrüferIn

Die Rolle PrüferIn will das Erreichen von Leistungsniveaus sicherstellen. Dazu formuliert sie Rahmenbedingungen und Anforderungen. Sie benotet die (Teil-)Ergebnisse der Agenten mit möglichst objektiven Maßstäben und legt die Endnoten fest. Dadurch entscheidet sie über Bestehen und Nichtbestehen der Agenten der Lehrveranstaltung.

Die Aufgaben der Rolle PrüferIn werden nur von Dozierenden, Hilfskräften und Lehrbeauftragten durchgeführt. Somit trägt diese Rolle ausschließlich zur Formung der Agentenspezifikation Veranstaltende bei. Zwar existieren Lernkonzepte, die vorsehen, dass Teilnehmende die Arbeiten ihrer Mitstudierenden bewerten oder für diese sogar Noten vorschlagen, jedoch stellt dies einen Spezialfall dar, der hier nicht Einzug in das Modell findet.

VeranstaltungsentwicklerIn

Die Festlegung der Ausrichtung einer Lehrveranstaltung, die Zusammenstellung der Lerninhalte und -materialien sowie deren Strukturierung sind Aufgaben der VeranstaltungsentwicklerIn. Sie erstellt neue oder überarbeitet und verbessert vorhandene Lehrveranstaltungen.

Prüfling

Die Rolle Prüfling hat das Ziel die Lehrveranstaltung zu bestehen und – in Abhängigkeit des investierten Arbeitsaufwands – eine zufriedenstellende Note zu erhalten.

Die Rolle Prüfling kann ausschließlich von Teilnehmenden eingenommen und somit nur zur Formung der Agentenspezifikation Teilnehmende genutzt werden.

Nachdem jetzt auch die Agenten und Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen beschrieben sind, werden in dem folgenden Abschnitt einige der Auswirkungen der abstrakten Abbildung für dieses Forschungsprojekt und auf die systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen geschildert.

5.3 Auswirkungen der abstrakten Abbildung

Dieser Abschnitt hebt die Auswirkungen der zuvor dargestellten Abbildung von Multiagentensystemen auf projektbasierte Lehrveranstaltungen hervor.

Übergeordnet liefern die Abbildung und Definition der einzelnen Agenten sowie Rollen eine einheitliche Ontologie. Durch die Verwendung dieser Ontologie können sowohl die am Forschungsprojekt Arbeitenden als auch die Lesenden dieser Arbeit konzeptionell einordnen, was real-weltlich gemeint ist, wenn Plattformen, Agenten, Rollen und deren Interna referenziert werden. Die Abbildung unterstützt bei der Erhebung der Ziele und Herausforderungen in projektbasierten Lehrveranstaltungen, hilft bei der Festlegung der Rahmenbedingungen, bei der Definition der Anforderungen, bei der Entwicklung, in der Analyse von Strukturen und Verhalten und bei der Evaluation der Ergebnisse. In diesem Zuge unterstützt die Abbildung die Aufbereitung der Ergebnisse in Form der vorliegenden Arbeit. Diese konzeptionelle Abbildung lässt sich in die Praxis übertragen und dort als Hilfsmittel für die Planung und Durchführung von konkreten Lehrveranstaltungen und der Verortung ihrer Entitäten einsetzen. So kann diese Abbildung das Selbstverständnis der agierenden Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen positiv beeinflussen, indem ihnen z. B. nicht nur ihre Aufgaben und Pflichten, sondern ihre Rollen vermittelt werden oder ihnen der Unterschied zwischen interner Entscheidungsfindung und externem Handeln bewusst wird.

5.3.1 Orientierung und Zuordnung

Für eine zielgerichtete Forschung und Entwicklung ist es hilfreich, in einem dynamischen und komplexen Kontext (projektbasierte Lehrveranstaltungen) gedankliche und visuelle Orientierungshilfen zu etablieren. Durch die beschriebene Abbildung und daraus einhergehende Abstraktion wird die Orientierung dahingehend unterstützt, dass eine Zuordnung von verschiedenen Aspekten zu den unterschiedlichen Entitäten ermöglicht wird. Diese Aspekte sind vorrangig Herausforderungen, Rahmenbedingungen, Anforderungen,

Fähigkeiten, Ziele, Absichten, Wissen, Strukturen und Verhalten. Dies wird im Folgenden anhand eines Beispiels verdeutlicht.

In der beschriebenen Metapher der projektbasierten Lehrveranstaltungen als MAS stellt die Lehrveranstaltung selbst als Entität die Umgebung für die agierenden Personen bzw. Teams dar. Diese Umgebung besteht sowohl aus den örtlichen Gegebenheiten, wie z. B. den Räumen, in denen sich die Teilnehmenden befinden, als auch aus der zur Verfügung gestellten technischen Umgebung, die den Teilnehmenden Dienste anbietet. In Abhängigkeit davon, ob die Lehrveranstaltung z. B. zentralisiert – also an einem Ort – oder verteilt durchgeführt wird, fällt diese Umgebung anders aus. Die Umgebung bietet den Personen in beiden Fällen andere Medien der Kommunikation (Dienste) und andere Hilfsmittel bei der Kollaboration (Dienste) an. Die genannten Aspekte (und viele weitere) lassen sich somit im Agentenkontext der Plattform und nicht den agierenden Personen zuordnen, denn dies sind Einflüsse aus der Umgebung, welche die grundlegenden Dienste für die Agenten bereitstellt. Die Agenten nutzen diese Dienste lediglich. Die Verbesserung der Kommunikationsinfrastruktur ist somit eine Anforderung an die Lehrveranstaltung, also an die Plattform, welche die Kommunikationsdienste anbietet.

Das obige Beispiel schließt nur Fähigkeiten (angebotene Dienste) und Anforderungen mit ein und ordnet diese einer Entität (Lehrveranstaltung bzw. Plattform) zu. Für die weiteren Aspekte lassen sich ebenfalls konkrete Beispiele finden, um den Sachverhalt stärker zu verdeutlichen. Abschließend folgt hier jedoch nur eine abstrakte Beschreibung. In den folgenden Kapiteln wird die Zuordnung dann explizit eingesetzt.

Die Rollen wollen Ziele erreichen. Zum Erreichen ihrer Ziele, können die Rollen unterschiedliche Absichten/Lösungsstrategien verfolgen und stoßen so auf variierende Herausforderungen. Zum Bewältigen der Herausforderungen und Erreichen ihrer Ziele, greifen sie u. a. auf Dienste der Plattform und anderer Rollen zu, die diese Dienste anbieten. Für eine Rolle, die einen Dienst anbietet, muss sichergestellt werden, dass sie die notwendigen Mittel bereitgestellt bekommt, um diesen Dienst zu erfüllen. Diese Mittel können sowohl Wissen und Fähigkeiten (interne Entscheidungsfindung, externes Verhalten) als auch die Möglichkeit der Nutzung von Diensten anderer Rollen oder der Plattform sein. Die Rollen stellen also Anforderungen an andere Rollen bzw. an eine Plattform, in deren Kontext sich der geforderte Dienst einordnen lässt.

5.3.2 Analyse von Strukturen und Verhalten

In dieser Arbeit steht die Analyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen in Bezug auf die Strukturen und das Verhalten der Entitäten im Vordergrund. Somit ist es hilfreich, eine Vorstellung davon zu haben, wie sich diese abbilden lassen. Außerdem ist es bei der explorativen Datenanalyse nützlich zu wissen, nach welchen Aspekten die Daten zu untersuchen sind und welchen Entitäten die Daten zugeschrieben werden.

Die Analyse der Struktur der Lehrveranstaltung unterscheidet sich z. B. von der Analyse der Struktur der agierenden Personen. Die Lehrveranstaltung ist strukturell auf oberster Ebene möglicherweise in unterschiedliche Phasen (z. B. Einarbeitungsphase und Vertiefungsphase) eingeteilt und gibt eine Reihenfolge der Lerninhalte und Aufgaben vor. Innerhalb dieser Phasen bilden die agierenden Personen unterschiedliche Strukturen, die zwar in Beziehung zu der Struktur der Lehrveranstaltung stehen, jedoch eine gänzlich andere Struktur abbilden. In der Einarbeitungsphase könnten die KooperationspartnerInnen jede Woche gewechselt werden, während in der Vertiefungsphase feste Teams bestehen könnten.

Somit ist es hilfreich bei der Analyse der Struktur der agierenden Personen das Kontextwissen über die Struktur der Lehrveranstaltung mit einfließen zu lassen. Gleiches gilt für die Analyse des Verhaltens der agierenden Personen, welche sich z. B. in Abhängigkeit der aktuellen Phase und der von ihr eingenommen Rollen grundlegend unterscheiden kann.

Einige Rollen agieren z. B. als Auftraggeber (DienstnehmerIn) für andere Rollen (DienstanbieterIn) und so entstehen Beziehungen zwischen den Rollen. Das Wissen über diese Beziehungen kann dabei hilfreich sein, Analyseergebnisse richtig in den Kontext einzuordnen.

5.3.3 Verortung der Evaluation

Evaluation hat ihren Platz in dieser Arbeit in mindestens zwei Kontexten. Die Evaluation der Lehrveranstaltungen und ihrer agierenden Personen, welche durch das hier präsentierte Rahmenwerk und den Einsatz der LLUA unterstützt wird, sowie die Evaluation des präsentierten Vorgehens und die erreichten Ergebnisse, bei der Entwicklung des Rahmenwerks und der LLUA.

In beiden Fällen dient die Abbildung dazu, das Vorgehen und die Ergebnisse in Bezug auf die unterschiedlichen Abstraktionsebenen hin zu evaluieren. Somit lässt sich z. B. entscheiden, ob die Anpassung einer Lehrveranstaltung die Personen in ihrer internen Entscheidungsfindung unterstützt (bzw. behindert) oder ob spezielles externes Verhalten z. B. bei der Kollaboration mit anderen agierenden Entitäten gefördert (bzw. beeinträchtigt) wird.

5.3.4 Selbstverständnis agierender Personen

Sich selbst und seine Handlungen in einer ungewohnten Umgebung einzuordnen und zu betrachten kann eine Herausforderung darstellen, mit der sich VeranstalterIn und Teilnehmende in projektbasierten Lehrveranstaltungen konfrontiert sehen. Die Abbildung, die Definition der Rollen und die Agentenspezifikationen können dabei helfen, die eigene Wahrnehmung zu schärfen und sich selbst sowie seine Handlungen differenzierter zu betrachten. Auf der einen Seite lässt sich die eigene Person abstrakt unter der Zerlegung eines Agenten betrachten: Wissen, Ziele, Absichten, angebotene Dienste, interne Entscheidungsfindung und externes Verhalten. Auf der anderen Seite lässt sich die eigene Person in Abhängigkeit ihrer eingenommenen Rollen in die Umgebung einordnen und so adäquates Verhalten fördern.

Die Teilnehmenden können sich mit diesen Hilfsmitteln z. B. vor Augen führen, dass sie in der Rolle *LernerIn* die Aufgabe haben etwas zu lernen. Das Ziel ist es also, ihr Wissen, ihre internen Entscheidungsprozesse und ihr externes Verhalten zu erweitern bzw. anzupassen. In projektbasierten Lehrveranstaltungen liegt der Fokus auf dem Lernen durch praktisches Erproben. Die Rolle *LehrerIn* vermittelt der Rolle *LernerIn* z. B. ein bestimmtes Vorgehen, indem sie ihr Informationen bereitstellt und ihr konkretes problemlösendes Verhalten vorlebt. Die Rolle *LernerIn* ist im Gegenzug dazu angehalten, dieses Verhalten (ggf. adaptiert) nachzuahmen, um mit den zur Verfügung gestellten Informationen (erweitertes Wissen) und Mitteln (von der Lehrveranstaltung angebotenen Diensten) Lösungsstrategien zu entwickeln (interne Entscheidungsfindung) und daraufhin mit ihrer Umgebung (Lehrveranstaltung, agierende Personen) zu interagieren. Abstrakt gesprochen bedeutet das, dass Lehrende den Lernenden Wissen, Ziele, Absichten, Entscheidungskomponenten und Protokolle vermitteln.

Die Interaktion mit der Umwelt ist in der Regel für diese sichtbar, die interne Entscheidungsfindung nicht. Um erfolgreich mit anderen Personen zusammenzuarbeiten, kann die Transparenz der internen Entscheidungsfindung hilfreich sein. Übertragen bedeutet dies, dass die interne Entscheidungsfindung der agierenden Personen direkt kommuniziert oder zumindest dokumentiert wird. Auf den Unterschied zwischen interner Entscheidungsfindung und externem Verhalten wird durch das Agentenmodell explizit hingewiesen. Dadurch kann ein Bewusstsein dafür entstehen, seine eigenen Problemlösungsstrategien zu teilen bzw. zu lehren und dadurch einen positiven Lerneffekt auf andere zu haben. Das ist es, was Lehrende machen, wenn sie z. B. den Lernenden problemlösendes Verhalten vorleben (s. o.).

In dem beschriebenen Beispiel könnten nicht nur Veranstaltende in der Rolle *LehrerIn* auftreten, sondern auch Teilnehmende. Die Teilnehmenden bringen in der Rolle *LehrerIn* anderen Teilnehmenden oder auch Veranstaltenden (in der Rolle *LernerIn*) etwas bei.

Dieses Verständnis des Rollenkonzepts kann noch einen weiteren positiven Effekt auf die agierenden Personen haben. Im Laufe der Lehrveranstaltung werden nämlich nicht nur diese grundlegenden Rollen, sondern auch kontext- oder fachspezifische Rollen eingenommen. In einem Softwareentwicklungsprojekt, in welchem das agile Rahmenwerk *Scrum*³ eingesetzt wird, nehmen die Personen innerhalb eines Teams z. B. die Rollen *Scrum Master*, *Product Owner* und *Developer* ein. Jede dieser Rollen hat spezielle Ziele und Aufgaben, während das gesamte Team ein gemeinsames Ziel verfolgt, das *Product Goal*. Die agierenden Personen treffen Entscheidungen und handeln innerhalb ihres Teams im Kontext ihrer Rolle. Aus diesem Grund ist die frühe Einführung des Rollenkonzepts so hilfreich.

5.4 Zusammenfassung

Zentrales Ergebnis dieses Kapitels ist die Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (MAS) nach dem Vorbild des MULAN/CAPA-Rahmenwerks. Hervorzuheben sind die formulierten Agentenspezifikationen und Rollen, welche im weiteren Verlauf dieser Arbeit aufgegriffen und um ihre Ziele, Herausforderungen, Anforderungen sowie um angebotene und genutzte Dienste erweitert werden. Die Spezifikationen der Agenten können aus verschiedenen Rollen aggregiert werden, welche die genannten grundlegenden Eigenschaften bestimmen.

Die DozentInnen, Hilfskräfte und Lehrbeauftragte treten in projektbasierten Lehrveranstaltungen demnach als Instanzen der Agentenspezifikation *Veranstaltende* auf. StudentInnen treten als Instanzen der Agentenspezifikation *Teilnehmende* auf.

³<https://www.scrum.org/>, besucht am 31.01.2024

6 Erhebung von Zielen und Herausforderungen von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen

Um die Anforderungen an das Rahmenwerk und eine LLUA zu definieren (s. Kapitel 9) müssen zunächst einige Vorbedingungen erfüllt werden. Das Ziel dieses Kapitels (dieser Phase) ist es, Herausforderungen der Rollen (s. Abschnitt 5.2.2) in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen¹ zu erheben und zu beschreiben. Herausforderungen ergeben sich in der Regel im Kontext der Verfolgung von Zielen und Absichten/Lösungsansätzen, die zum Erreichen dieser Ziele beitragen. Damit sich die Herausforderungen besser einordnen lassen und die Motivation deutlich wird, warum diese Herausforderungen auftreten, werden sie in Form von Zielen und Lösungsansätzen der Rollen definiert. Aus den Zielen, Lösungsansätzen und den damit einhergehenden Herausforderungen werden später die oben angesprochenen Anforderungen abgeleitet. In diesem Zuge werden die in Abschnitt 5.2.2 beschriebenen Rollen weiter ausgearbeitet – also das Modell der projektbasierten Lehrveranstaltung als Multiagentensystem (MAS) erweitert.

Wenn im Folgenden die Aufzählung „Ziele und Herausforderungen“ benutzt wird, dann sind die Lösungsansätze inklusive mit gemeint.

Die hier aufgeführten Ziele und Herausforderungen lassen sich auf oberster Ebene in zwei Kategorien einteilen, Ziele und Herausforderungen, die beim *Lehren und Lernen* (s. Abschnitt 6.1) sowie beim *Daten analysieren* (s. Abschnitt 6.2) existieren bzw. auftreten.

6.1 Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen

In der Einleitung dieser Arbeit wurden bereits einige Herausforderungen beim Lehren und Lernen benannt (s. Abschnitt 1.2). In diesem Abschnitt werden die bereits benannten und weitere Herausforderungen aufgeführt, eingeordnet und dargelegt, wie diese Herausforderungen erhoben worden sind. Alle im Folgenden aufgeführten Ziele und Herausforderungen entspringen der Anwendungsdomäne der projektbasierten Lehrveranstaltungen.

Die hier aufgeführten Ziele und Herausforderungen wurden aus drei Quellen erhoben. Diese sind zum einen die Fachliteratur und auf zum anderen sind das Gespräche mit Veranstaltenden und Teilnehmenden sowie die Erfahrungen des Autors dieser Arbeit. Einige aus der Fachliteratur erhobene Ziele und Herausforderungen werden dort nicht speziell für projektbasierte Lehrveranstaltungen aufgeführt, lassen sich jedoch trivial auf diese übertragen oder wurden von Veranstaltenden und/oder Teilnehmenden in den durchgeführten Interviews und Gesprächen selbst genannt. Des Weiteren wurden Ziele und Herausforde-

¹Zur Erinnerung: im Kontext dieser Arbeit durch die Bezeichnung *projektbasierte Lehrveranstaltung* subsumiert

rungen in Rücksprache mit Veranstaltenden und Teilnehmenden angepasst, zusammengefasst oder verallgemeinert, um die Anzahl sinnvoll zu begrenzen. Aufgrund unterschiedlicher Prioritäten, Ansprüche, zur Verfügung stehender Mittel und Fähigkeiten gelten die Ziele und Herausforderungen nicht für alle Veranstaltenden und Teilnehmenden.

6.1.1 Kategorien der Ziele und Herausforderungen

Um der Beschreibung der Ziele und Herausforderungen eine Einordnung zugrunde zu legen, werden zunächst Kategorien aufgestellt, die sich über die Iterationen hinweg herausgebildet haben. Entweder betreffen Ziele und Herausforderung die Planung und Durchführung der Lehrveranstaltung, die Untersuchung laufender oder durchgeführter Lehrveranstaltungen, die agierenden Einzelpersonen in Lehrveranstaltungen oder agierende Teams in Lehrveranstaltungen. Diese lassen sich wie folgt in den Kontext der abstrakten Abbildung von Multiagentensystemen (MAS) auf Lehrveranstaltungen (s. Kapitel 5) bringen. Die Ziele und Herausforderungen betreffen entweder den Kontext (Lehrveranstaltung), also die Plattform des MAS, oder die agierenden Entitäten (Einzelpersonen, Teams), also die Agenten einer Plattform eines MAS.

- (a) Planung und Durchführung von Lehrveranstaltungen (Plattform)
- (b) Untersuchung von Lehrveranstaltungen (Plattform)
- (c) Einzelperson (Agent)
- (d) Team (Agent(-en))

Viele der Ziele und Herausforderungen, die Veranstaltende erleben, betreffen die Entität Lehrveranstaltung. Zwar sind die Veranstaltenden Einzelpersonen bzw. bilden ein Team im Kontext der Lehrveranstaltung, jedoch sind die Ziele und Herausforderungen, die sie in Bezug auf die Lehrveranstaltung erfahren global. Somit sind diese auf der Ebene der Lehrveranstaltung anzusiedeln und nicht auf der Ebene der Einzelperson bzw. des Teams. Die Ziele und Herausforderungen, die der Kategorie *Einzelperson* zugeordnet werden, gelten in den meisten Fällen auch für die Kategorie *Team*.

6.1.2 Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen

Die Fülle und Variation der erhobenen Ziele und Herausforderungen erschwert es, diese LeserInnen-freundlich zu präsentieren. Aus diesem Grund wird das folgende Vorgehen gewählt. Die Ziele und Herausforderungen werden nicht in ihrer erhobenen Rohform als eine lange Aufzählung dargelegt, bevor sie weiterverarbeitet oder abstrahiert und in den konzeptionellen Kontext gesetzt werden. Hingegen werden diese einzelnen Arbeitsleistungen als vollendetes Ergebnis präsentiert und bereits eine Verallgemeinerung expliziter Ziele und Herausforderungen vorgenommen. Außerdem werden diese den einzelnen Rollen (vgl. Seite 110) zugeordnet und in der tabellarischen Darstellung in die oben genannten Kategorien eingeordnet. Es werden nur ausgewählte Ziele und Herausforderungen anhand eines Textes beschrieben. Die ausgewählten Ziele und Herausforderungen dienen als Beispiel für die restlichen, die erhoben worden sind. Anschließend wird für jede Rolle eine Tabelle angeführt, welche alle erhobenen Ziele und verbundenen Lösungsansätze sowie jeweils die begünstigten Rollen, dienstleistenden Rollen, Kategorien und Quellen beinhaltet. Die Tabellen (6.1 bis 6.10) werden durch die Abbildung 6.4 ergänzt, um die resultierenden struk-

turellen Beziehungen zwischen den Rollen, auf der Basis der Ziele und Herausforderungen, zu veranschaulichen und dadurch eine abstrakte visuelle Übersicht zu schaffen.

Ziel: Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten

Das Ziel „Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten“ wird der Rolle LehrerIn zugeschrieben. Die begünstigte Rolle ist der/die LernerIn. Zum Erreichen dieses Ziels kann die LehrerIn unterschiedliche Absichten/Lösungsansätze verfolgen. Zum Beispiel kann sie Lernmaterialien bereitstellen und dem/der LernerIn empfehlen, sich mit diesen auseinanderzusetzen. Sie kann Informationen aktiv präsentieren und für konkrete Problemstellungen Lösungsstrategien vorstellen. Oder sie kombiniert unterschiedliche Lösungsansätze miteinander. Im Folgenden wird „Präsentieren von Informationen und Lösungswegen“ stellvertretend für die anderen Lösungsansätze beschrieben.

Lösungsansatz: Präsentieren von Informationen und Lösungswegen

- Ausübende Rolle: LehrerIn
- Begünstigte Rolle: LernerIn
- Dienstleistende Rollen: VeranstaltungsentwicklerIn, AnalytikerIn

Die Rolle LehrerIn will der Rolle LernerIn neue Informationen und neue Lösungswege präsentieren. Zur Präsentation braucht sie ein geeignetes Medium. Sie benötigt die aufbereiteten Informationen (z. B. in Form einer Präsentation) und das explizierte Vorgehen bzw. einen Lösungsweg für eine bestimmte Aufgabe, die von der Rolle VeranstaltungsentwicklerIn erstellt werden (welche dafür z. B. die Dienste „Erstellen von Lernmaterialien“ und „Explizieren guter Lösungswege“ anbietet). Außerdem muss die Rolle LernerIn die Fähigkeiten bzw. Dienste aufweisen, Informationen zu speichern und Fähigkeiten zu erlernen. Zusätzlich kann der aktuelle Lernfortschritt (bzw. Wissensstand) der Rolle LernerIn (bzw. des Agenten, welcher die Rolle LernerIn auslebt, vgl. Seite 108) hilfreich sein, um z. B. einschätzen zu können, auf welches Vorwissen zurückgegriffen werden kann. Dies kann die Rolle LehrerIn von der Rolle AnalytikerIn erfahren, die dafür einen Dienst zur Identifikation des Lernfortschritts bzw. Wissensstandes anbietet. Diese Anfrage ist mit dem Ziel „Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen“ der Rolle AnalytikerIn vereinbar. Um dieses Ziel zu erreichen, kann sie ebenfalls (genau wie die LehrerIn) auf unterschiedliche Lösungsstrategien zurückgreifen und diese miteinander kombinieren. So könnte sie z. B. eine Umfrage unter der Rolle LernerIn durchführen, vorliegende Daten analysieren oder mit der Rolle PrüferIn gemeinsam einen Wissens- und Fähigkeitentest entwickeln. Wie die Rolle AnalytikerIn ihren Dienst erbringt, ist für die Rolle LehrerIn allerdings nicht relevant und ggf. gar nicht einsehbar.

Grafisch sind die direkt beteiligten Rollen, deren Dienste und Beziehungen des Lösungsansatzes in Abbildung 6.1 dargestellt. Die Rolle LehrerIn ist bei der Verfolgung dieses Lösungsansatzes auf die Kooperation anderer Rollen angewiesen bzw. kann von anderen Rollen unterstützt werden. Damit stellt sie Anforderungen an diese Rollen, welche zum einen an deren Ziele appellieren und zum anderen zu Herausforderungen führen, die diese Rollen erfahren.

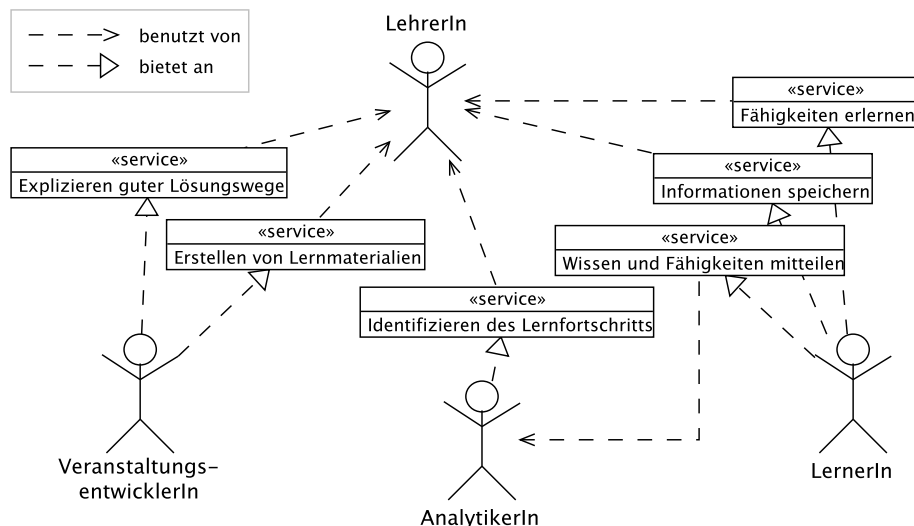


Abbildung 6.1: Lösungsansatz der Rolle LehrerIn „Präsentieren von Informationen und Lösungswegen“ zur Verfolgung des Ziels „Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten“: beteiligte Rollen und deren Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten.

Ziel: Erwerben von neuem Wissen und neuen Fähigkeiten

Dieses Ziel wird von der Rolle LernerIn verfolgt. Ihr stehen unterschiedliche Lösungsansätze zur Verfügung, um dieses Ziel zu erreichen, welche sie – wie schon bei dem oben beschriebenen Ziel der LehrerIn – individuell miteinander kombinieren kann. Einer dieser Lösungsansätze ist z. B. das Verfolgen der Präsentation von Informationen und Lösungswegen, also das Pendant zu dem oben beschriebenen Lösungsansatz der Rolle LehrerIn, Informationen und Lösungswegen zu präsentieren. Weitere sind u. a., sich mit den Lernmaterialien auseinanderzusetzen, eigenständig neue Materialien zu finden und zu erschließen, Feedback zu den bisherigen Leistungen einzuholen oder geeignete LernpartnerInnen zu finden, um gemeinsam an der Lösung von Aufgaben oder dem Verständnis von Texten zu arbeiten. Stellvertretend für die anderen Lösungsansätze, wird im Folgenden der Lösungsansatz „Finden geeigneter LernpartnerInnen“ beschrieben.

Lösungsansatz: Finden geeigneter LernpartnerInnen

- Ausübende Rolle: LernerIn
- Dienstleistende Rolle: ProjektmanagerIn bzw. AnalytikerIn

Die Rolle LernerIn will Agenten (Personen, Teams) ausfindig machen, die geeignete LernpartnerInnen wären, um mit diesen z. B. gemeinsam Lerninhalte zu erschließen oder an Aufgaben zu arbeiten. Das Finden geeigneter LernpartnerInnen ist eine herausfordernde Aufgabe, da die Eignung von individuellen Eigenschaften und Bedürfnissen der PartnerInnen abhängt. Dazu kann sie Dienste der Rolle AnalytikerIn in Anspruch nehmen, wie z. B. die Identifikation von Sachverständigen zu einem konkreten Thema oder von typischen Arbeitszeiten eines Agenten. Ersteres würde die fachliche Komponente in den

Vordergrund stellen, letzteres die Organisatorische. Anstatt selbst einzelne Dienstleistungen der Rolle AnalytikerIn in Anspruch zu nehmen und deren Ergebnisse gewichtend zu aggregieren, könnte die Rolle LernerIn jedoch auch den Dienst der Rolle ProjektmanagerIn „KooperationspartnerInnen vorschlagen“ nutzen. Dieser Dienst bündelt die von der Rolle AnalytikerIn angebotenen Dienste, die zum Finden geeigneter KooperationspartnerInnen beitragen können. Das Verfolgen eines Lösungsansatzes lässt sich somit ebenfalls als die Verfolgung eines Ziels betrachten, welches sich wiederum durch unterschiedliche Lösungsansätze erreichen ließe (einzelne Dienste der Rolle AnalytikerIn oder einen Dienst der Rolle ProjektmanagerIn nutzen).

In Abbildung 6.2 sind die direkt beteiligten Rollen, deren Dienste und Beziehungen des beschriebenen Lösungsansatzes grafisch dargestellt.

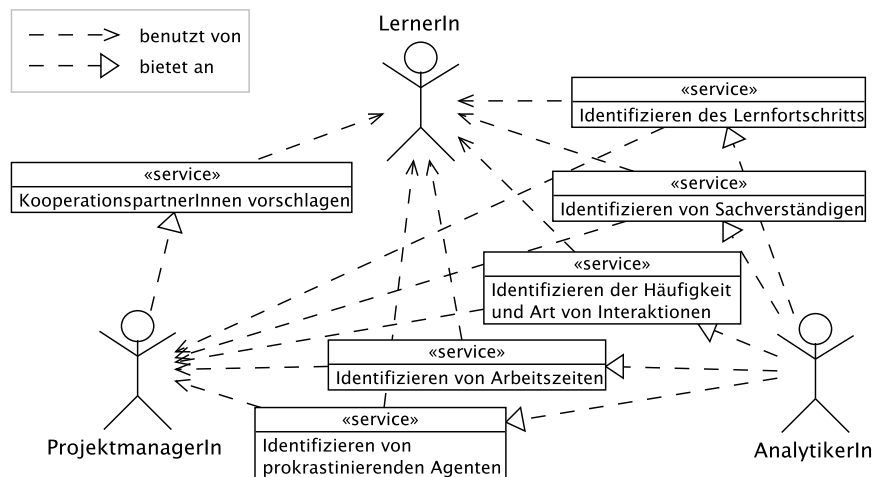


Abbildung 6.2: Lösungsansatz der Rolle LernerIn „Finden geeigneter LernpartnerInnen“ zur Verfolgung des Ziels „Erwerben von neuem Wissen und neuen Fähigkeiten“: beteiligte Rollen und deren Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten.

Ziel: Entwickeln einer guten Lehrveranstaltung

Die Rolle VeranstaltungsentwicklerIn hat das Ziel, eine gute Lehrveranstaltung zu entwickeln. Zu diesem Zweck kann sie z. B. die folgenden Lösungsansätze kombinieren: die Lerninhalte sinnvoll auswählen, die Lehrveranstaltung gut strukturieren und geeignete Lernmaterialien erstellen bzw. zusammenstellen. Zu diesen Lösungsansätzen lässt sich auch das Explizieren guter Lösungswege zählen. Wie bereits in dem oben beschriebenen Ziel „Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten“ erwähnt, stellt die Rolle LehrerIn die Anforderung an die Rolle VeranstaltungsentwicklerIn, gute Lösungswege zu explizieren, damit sie diese der Rolle LernerIn präsentieren kann. Die Rolle VeranstaltungsentwicklerIn greift auf diesen Lösungsansatz selbst zurück und bietet diesen als Dienst der Rolle LehrerIn an. Außerdem kann es sinnvoll sein, die Lehrveranstaltung während und nach einer Durchführung anzupassen, indem z. B. Feedback der Rollen LehrerIn und LernerIn eingeholt und dieses verarbeitet wird. Beispielfhaft wird im Folgenden der Lösungsansatz „Erstellen/Verbessern der Struktur einer Lehrveranstaltung“ beschrieben.

Lösungsansatz: Erstellen/Verbessern der Struktur einer Lehrveranstaltung

- Ausübende Rolle: VeranstaltungsentwicklerIn
- Begünstigte Rolle: LehrerIn
- Dienstleistende Rollen: AnalytikerIn, ProjektmanagerIn, KooperationsIn

Die Rolle VeranstaltungsentwicklerIn will eine neue Struktur für eine Lehrveranstaltung entwickeln oder eine vorhandene Struktur verbessern, um z. B. Abhängigkeiten zwischen den Lerninhalten oder den Agenten innerhalb dieser Struktur sinnvoll aufzulösen. Dafür kann es hilfreich sein, bereits durchgeführte Lehrveranstaltungen miteinander zu vergleichen, den Zeitaufwand der Agenten innerhalb der einzelnen Phasen oder sogar für bestimmte Arten von Tätigkeiten zu ermitteln, den Wissensstand bzw. Lernfortschritt zu konkreten Zeitpunkten zu betrachten oder die Zeitpunkte der Nutzung von bestimmten Lernmaterialien zu identifizieren. Doch auch die Arten und die Häufigkeiten von Interaktionen zwischen den Agenten können einen Aufschluss darüber geben, ob die Struktur einer Lehrveranstaltung verbesserungswürdig ist.

Angenommen in einer projektbasierten Lehrveranstaltung wird eine Aufgabe gestellt, die sich in mehrere Unteraufgaben aufteilen lässt und diese Unteraufgaben werden auf einzelne Agenten (Personen oder Teams) verteilt. Dann müsste sichergestellt werden, dass nicht eine Unteraufgabe Ergebnisse liefert, die von vielen anderen Unteraufgaben benötigt werden. Ansonsten hätte der Agent, der diese Unteraufgabe bearbeitet, eine erhöhte Kommunikation zu verzeichnen und die anderen Agenten eine erhöhte Wartezeit. In diesem Fall kann es sinnvoll sein, die Agenten zunächst gemeinsam diese eine Unteraufgabe bearbeiten zu lassen. Genauso verhält es sich mit fehlendem Wissen und nicht erlernten Fähigkeiten, die für mehrere Aufgaben benötigt werden. Anstatt allen Agenten dieses Wissen einzeln zu vermitteln und die Fähigkeiten beizubringen, kann es sinnvoller sein, dies in der gesamten Gruppe zu tun, bevor die Agenten an die Bearbeitung ihrer Aufgaben gehen.

In solchen Fällen steht die Rolle VeranstaltungsentwicklerIn vor unterschiedlichen Herausforderungen, deren Bewältigung Hinweise darauf geben kann, wie die Struktur zu verbessern ist. Um z. B. die Tätigkeiten (vergangene, aktuelle und zukünftige) aller Agenten oder den Zeitaufwand der Agenten zu überblicken und ggf. einzuschätzen, kann sie auf Dienste der Rolle ProjektmanagerIn zugreifen, die ihr diese Informationen liefert. Oder um z. B. zu ermitteln, welche Lernmaterialien wann von welchen Agenten benutzt werden, ob die vorgeschlagenen Lösungswege eingehalten werden oder welche Auswirkungen konkrete Instruktionen und Hilfestellungen auf das Verhalten sowie die Ergebnisse der Agenten haben, ließen sich Dienste der Rolle AnalytikerIn nutzen. Außerdem kann sie von den Agenten, welche die Rolle KooperationsIn integrieren, Feedback einholen, um persönliche Erfahrungen und Meinungen zu berücksichtigen.

In Abbildung 6.3 sind die direkt beteiligten Rollen, der Dienste und Beziehungen des beschriebenen Lösungsansatzes grafisch dargestellt.

Tabellen der Ziele und Lösungsansätze

Zusammenfassend bieten die Tabellen 6.1 bis 6.2 eine Übersicht der Ziele und Herausforderungen der einzelnen Rollen.

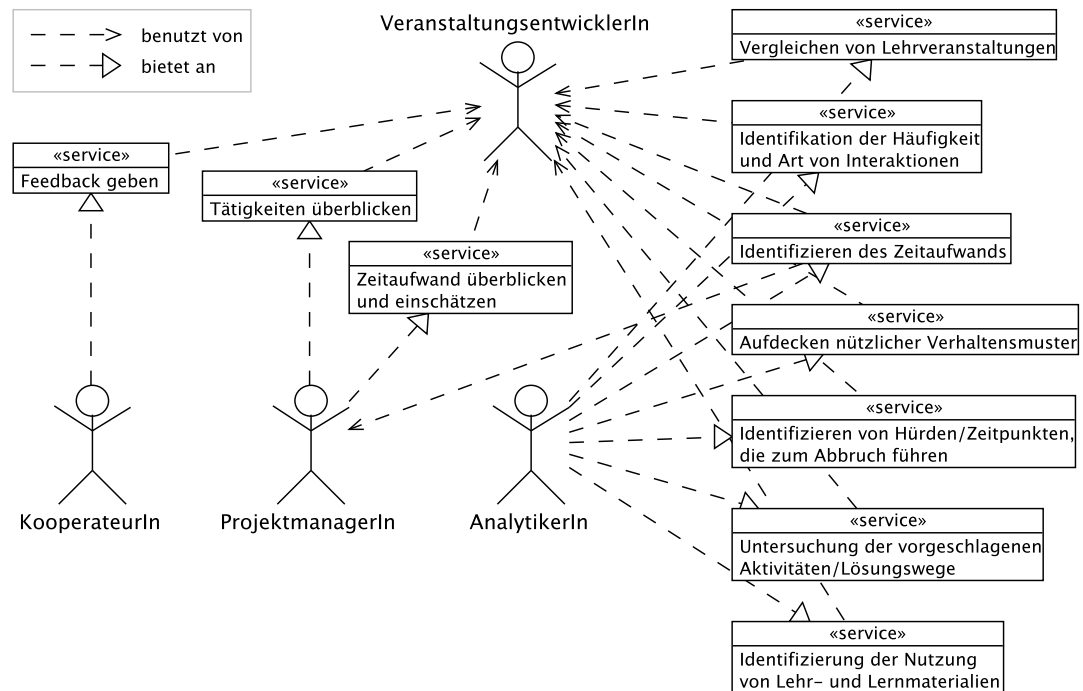


Abbildung 6.3: Lösungsansatz der Rolle VeranstaltungsentwicklerIn „Erstellen/Verbessern der Struktur einer Lehrveranstaltung“ zur Verfolgung des Ziels „Entwickeln einer guten Lehrveranstaltung“: beteiligte Rollen und deren Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten.

Tabelle 6.1: Ziele und Herausforderungen der Rolle LehrerIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen		
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur
Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten									
Präsentieren von Informationen und Lösungswegen	LernerIn	AnalytikerIn, VeranstalterIn, tungs- wicklerIn	•				•	•	
Bereitstellen von Lernmaterialien	LernerIn	AnalytikerIn, Veranstalter- tungs- wicklerIn	•				•		
Geben individueller Rückmeldungen und Hilfestellungen	LernerIn, Veranstalter- tungs- wicklerIn	AnalytikerIn	•				•		[Kawash u. a. 2021], [Cavalcanti u. a. 2021]
Empfehlen von Lernmaterialien	LernerIn	AnalytikerIn, Veranstalter- tungs- wicklerIn	•				•		[Marinho u. a. 2010]
Betreuungszeit sinnvoll aufteilen	LernerIn	AnalytikerIn			•		•		[Riese u. a. 2021]
Konzentrieren auf die fachliche Ausbildung	LernerIn				•		•		

Tabelle 6.2: Ziele und Herausforderungen der Rolle LernerIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen	
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.
Erwerben von neuem Wissen und neuen Fähigkeiten								
Verfolgen der Präsentation von Informationen und Lösungswegen		Lehr.	•			•		•
		Lehr.	•			•		•
Individuelle Rückmeldungen und Hilfestellungen erhalten		Lehr.			•			•
Lernmaterialien empfohlen bekommen		Lehr.			•			[Marinho u. a. 2010]
Finden geeigneter LernpartnerInnen		Proj.			•			[Chen u. a. 2008]
Beitragen zur Verbesserung der Lehrveranstaltung	Ver.		•					•
Eigenständige Recherche und Wissensaneignung					•			•
Reflektieren des eigenen Lernverhaltens	Lern.	Analy.			•		•	[Aldowah u. a. 2019]

Tabelle 6.3: Ziele und Herausforderungen der Rolle ProjektmanagerIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen		
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur
Koordination von Tätigkeiten und Agenten									
Verschriftlichen von Tätigkeiten			•				•	•	[Alasalmi 2021]
Überblicken und Koordinieren von Tätigkeiten			•				•	•	[Alasalmi 2021; Rodrigues u. a. 2018]
Zuordnung von Agenten zu Tätigkeiten			•				•	•	
Einschätzen und Überblicken des Zeitaufwands		AnalytikerIn	•				•	•	[Alasalmi 2021]
Vergleichen von Lehrveranstaltungen		AnalytikerIn		•			•		
Förderung der Kooperation der Agenten									
Vorschlagen geeigneter Kooperationspartne- rInnen	LernerIn	AnalytikerIn		•				•	

Tabelle 6.4: Ziele und Herausforderungen der Rolle AnalytikerIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen		
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur
Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen									
Agenten befragen	Lehr., Lern., Proj., Prüfe., Prüfl., Ver.	Koop.		•			•		
Daten analysieren	Lehr., Lern., Proj., Prüfe., Prüfl., Ver.			•			•		
Umgebung beobachten	Lehr., Lern., Proj., Prüfe., Prüfl., Ver.			•			•	•	

Tabelle 6.5: Ziele und Herausforderungen der Rolle VeranstaltungsentwicklerIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen		
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur
Entwickeln einer Lehrveranstaltung									
Erstellen/Verbessern der Struktur einer Lehrveranstaltung	Lehr.	Analy., Proj.	•				•		
Zusammenstellen von Lerninhalten	Lehr.	Analy.	•				•		
Zusammenstellen von Lernmaterialien	Lehr.	Analy.	•				•		
Aktualisieren von Lerninhalten und -materialien	Lehr.	Analy.	•				•		[Gomede u. a. 2021]
Explizieren von Lösungswegen	Lehr.	Analy.	•				•		[Riese u. a. 2021]
Verringern des Lehraufwands	Lehr.	Analy.	•				•		[Gomede u. a. 2021]
Erproben neuer Lehr- und Lernkonzepte	Lehr.	Analy., Proj.	•				•		
Feedback erhalten	Lehr.	Koop.		•			•		

Tabelle 6.6: Ziele und Herausforderungen der Rolle AdministratorIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen		
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur
Bereitstellen und Warten der globalen technischen Umgebung									
Bereitstellen und Warten einer Organisationsinfrastruktur	Proj.		•				•		
Bereitstellen und Warten einer Kommunikations- und Kollaborationsinfrastruktur	Koop.		•				•		
Bereitstellen und Warten einer Datenanalyseinfrastruktur	Analy.			•			•		[Shum 2023]
Einrichten von Backups			•				•		
Bereitstellen und Warten der lokalen technischen Umgebung									
Werkzeuge installieren und konfigurieren					•		•		•
Clients mit dem Server verbinden					•		•		•
Bereitstellen von Anleitungen für die Einrichtung	Admin.		•				•		•

Tabelle 6.7: Ziele und Herausforderungen der Rolle KooperationspartnerIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen			
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teilh.	Literatur	
Mit anderen Agenten kooperieren und kollaborieren										
Kommunizieren in verteilten Umgebungen	Koop.	Koop.		•	•	•	•			
	Koop.	Koop.		•	•	•	•			[Rodrigues u. a. 2018]
Austausch von Dateien und Informationen	Koop.	Koop.		•	•	•	•			
Gemeinsam gleiche Artefakte bearbeiten	Koop.	Koop.		•	•	•	•			

Tabelle 6.8: Ziele und Herausforderungen der Rolle AngestellteR

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Veranst.	Teiln.	Quellen	Literatur
			(a)	(b)	(c)	(d)				
Vertragliche Anforderungen erfüllen										
Richtlinien und Regeln befolgen			•					•		
Richtlinien und Regeln umsetzen			•					•		

Tabelle 6.9: Ziele und Herausforderungen der Rolle PrüferIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen		
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur
Agenten benoten									
Objektivieren der Notenvergabe		Analy.		•			•		
		Analy.		•			•		

Tabelle 6.10: Ziele und Herausforderungen der Rolle Prüfling

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Veranst.	Teiln.	Quellen	Literatur
			(a)	(b)	(c)	(d)				
Bestehen und Erhalten einer zufriedenstellenden Bewertung										
Erbringen geforderter Leistungen				•	•	•	•	•		
Erfahren des aktuellen Leistungsstands		Prüfe.		•	•	•	•	•		

Aus der Zuordnung der Ziele und Herausforderungen zu den einzelnen Rollen und der Erfassung der begünstigten und dienstleistenden Rollen lässt sich ein soziales Netzwerk ableiten. Dieses ist in Abbildung 6.4 dargestellt. Die Abbildung zeigt abstrakt die strukturellen Beziehungen der Rollen zueinander und gibt zudem den Grad der Beziehungen mit anderen Rollen an.

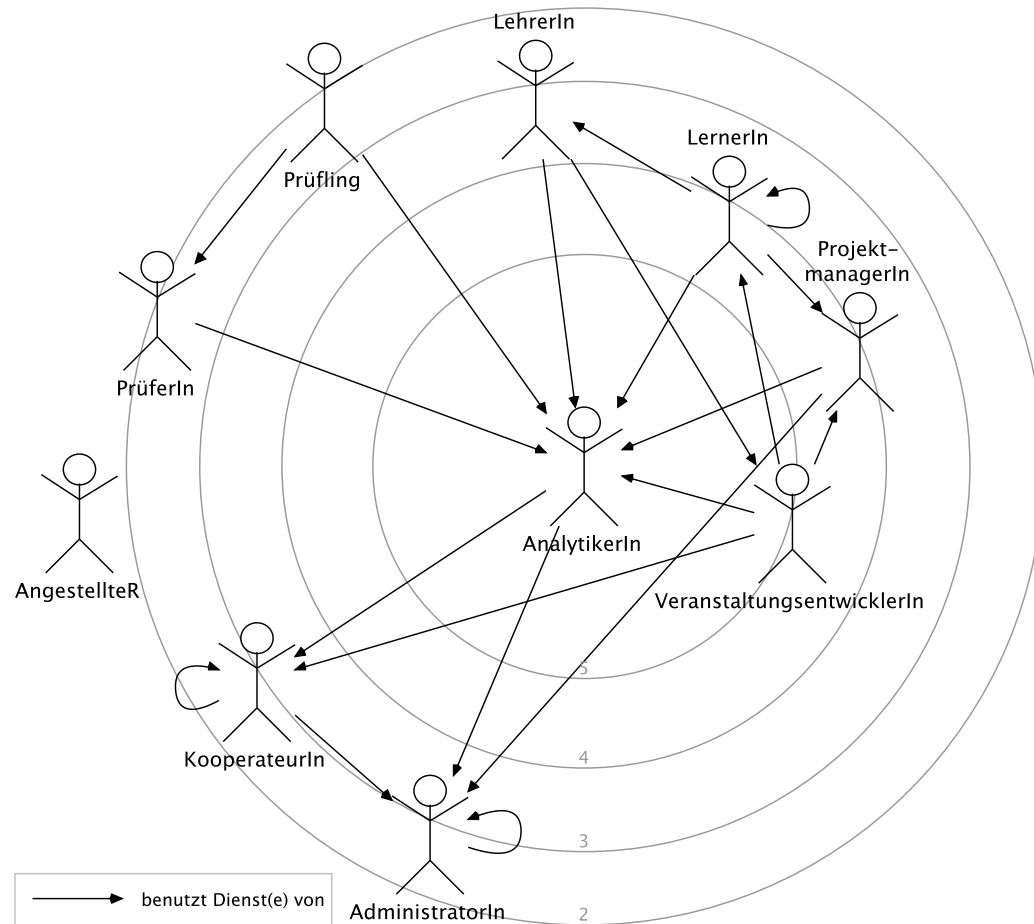


Abbildung 6.4: Abstrakte Darstellung struktureller Beziehungen der Rollen in der Lehre und beim Lernen (vgl. Seite 42). Die Kreise geben den Grad an, mit wie vielen anderen Rollen eine Rolle in Beziehung steht. Zur Vereinfachung der Darstellung, wurden die Dienste selbst nicht explizit modelliert. Außerdem wurde die Nutzung mehrerer Dienste einer Rolle zu einem Pfeil zusammengefasst.

Bei der Erhebung der bisherigen Ziele und Herausforderungen ist die Rolle AnalytikerIn bereits vermehrt aufgetreten – besonders im Zusammenhang mit der Erbringung von Diensten für andere Rollen. Dadurch nimmt sie in dem bisher definierten Modell eine Art Sonderrolle ein, da sie verstärkt reaktiv handelt, um anderen Rollen Informationen bereitzustellen. Da in dieser Arbeit die Erprobung der Unterstützungsmöglichkeiten von Personen und Teams in projektbasierten Lehrveranstaltungen durch Analysen verfolgt wird, wird auf die Rolle AnalytikerIn ein besonderes Augenmerk gelegt. Um die von ihr

angebotenen Dienste nachvollziehbar herzuleiten (viele von ihnen wurden bereits in den Abbildungen dieses Abschnitts präsentiert), wird die Rolle AnalytikerIn in dem folgenden Abschnitt näher untersucht.

6.1.3 Untersuchung der Rolle AnalytikerIn

Um die Rolle AnalytikerIn zu untersuchen und konkreter auszuarbeiten, werden die Anforderungen, welche andere Rollen an die Rolle AnalytikerIn stellen, extrahiert und erläutert. In diesem Zuge werden die von der AnalytikerIn angebotenen Dienste, um diese Anforderungen zu erfüllen, beschrieben.

Die Rolle AnalytikerIn verfolgt das Ziel „Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen“. Zur Verfolgung dieses Ziels stehen ihr auf der obersten Ebene die drei Lösungsansätze „Agenten befragen“, „Daten analysieren“ und „Umgebung beobachten“ zur Verfügung. Die Informationen, die sie gewinnen will, sind von ihr selbst nicht definiert, sondern werden von anderen Rollen an sie herangetragen. Aus diesem Grund handelt die Rolle AnalytikerIn hauptsächlich reaktiv. Erhält die Rolle AnalytikerIn die Anfrage, bestimmte Informationen für eine Rolle bereitzustellen, so wird die Bereitstellung dieser Informationen für sie zum Ziel, zu dessen Erreichen sie die drei oben genannten Lösungsansätze einsetzen kann. Wenn die Annahme eines Auftrags an Bedingungen geknüpft ist, wie z. B. die Einhaltung ethischer Richtlinien, gilt letzteres nur eingeschränkt. Diese und ähnliche Diskussionen werden an dieser Stelle zunächst vernachlässigt und erst später weiterverfolgt (s. Abschnitt 8.4 und Abschnitt 17.2.3).

Im Rahmen der Erhebung von Zielen und Herausforderungen in projektbasierten Lehrveranstaltungen beim Lehren und Lernen, haben sich einige Tätigkeiten herausgebildet, die sich mit der Identifikation, der Untersuchung oder dem Aufdecken von verborgenen Informationen befassen. Diese wurden alle der Rolle AnalytikerIn zugeordnet. Im Folgenden werden diese Tätigkeiten anfragegetrieben² beschrieben.

LehrerIn

Die Rolle LehrerIn verfolgt den Lösungsansatz „Präsentieren von Informationen und Lösungswegen“, um ihr Ziel „Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten“ zu erreichen (s. Seite 119 und Tabelle 6.1). In diesem Zusammenhang kann es hilfreich sein, den aktuellen Lernfortschritt oder Wissensstand der Agenten zu kennen, welche die adressierte Rolle LernerIn eingenommen haben, um die Präsentation darauf auszurichten (z. B. einzelne Abschnitte zu überspringen, weil bestimmtes Wissen bereits vorhanden ist). Diese Tätigkeit fällt in den Aufgabenbereich der Rolle AnalytikerIn, die dazu den Dienst „Identifizieren des Lernfortschritts“ anbietet. Jedoch nicht nur zur Verfolgung des oben genannten Lösungsansatzes kann das Wissen über den aktuellen Lernfortschritt eine hilfreiche Information sein, sondern auch zur Verfolgung der Lösungsansätze „Bereitstellen von Lernmaterialien“, „Empfehlen von Lernmaterialien“ und „Betreuungszeit sinnvoll aufteilen“. Die Begründung für die ersten beiden ist die gleiche, wie oben. Für den zuletzt genannten Lösungsansatz kann es hilfreich sein, den aktuellen Lernfortschritt zu erfahren, um z. B. besonders hilfsbedürftige Agenten zu identifizieren, und denen besondere Hilfestellungen anzubieten. In Abbildung 6.5 ist diese Dienstbeziehungen grafisch dargestellt.

²eine Rollen fragt die Erfüllung eines Dienstes bei einer (anderen) Rolle an

Für die folgenden Erläuterungen wird auf eine sukzessive Erweiterung der Abbildung 6.5 verzichtet. Die Dienstbeziehungen der Rolle AnalytikerIn werden am Ende dieses Abschnitts in Abbildung 6.6 gesammelt dargestellt. Alle Dienste werden außerdem mit ihren nutzenden Rollen und Quellen, aus denen die Existenz der Anforderung für diese Dienste erhoben wurden, in Tabelle 6.11 angeführt.

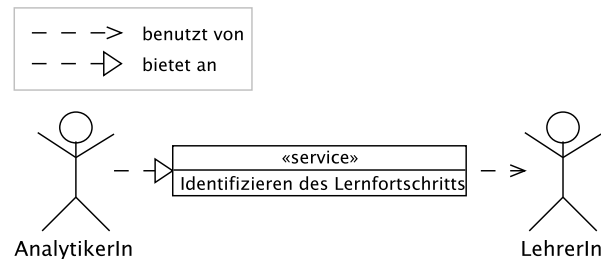


Abbildung 6.5: Beziehungen des Dienstes „Identifizieren des Lernfortschritts“ zu den Rollen AnalytikerIn und LehrerIn

Die Rolle AnalytikerIn kann der Rolle LehrerIn für ihren Lösungsansatz „Geben individueller Rückmeldungen und Hilfestellungen“ noch weitere Dienste bereitstellen. Dazu zählen z. B. die Dienste „Identifizieren von prokrastinierenden Agenten“, damit die Rolle LehrerIn gesondert auf diese Problematik eingehen kann, „Identifizieren der Häufigkeit und Art von Interaktionen“, um auf das kommunikative Verhältnis zu anderen Agenten hinzuweisen oder „Identifizieren des Zeitaufwands“, um besonders schnelle und langsame Agenten zu adressieren.

LernerIn

Auch die Rolle LernerIn stellt Anforderungen an die Rolle AnalytikerIn in Form von Diensten, die sie gerne nutzen würde. Insbesondere zum „Reflektieren des eigenen Lernverhaltens“ bei der Verfolgung ihres Ziels „Erwerben von neuem Wissen und neuen Fähigkeiten“ sind diese Dienste nützlich. Das eigene Lernverhalten umfasst das Verhalten, das die Agenten, die u. a. die Rolle LernerIn innehaben, im Kontext der Lehrveranstaltung zeigen. Um dieses Verhalten zu reflektieren und anzupassen, sodass z. B. das Lernen effektiver und effizienter wird, kann es für die Rolle LernerIn hilfreich sein, sich mit dem Verhalten der anderen Agenten zu vergleichen.

Ein Ansatz wäre es, den eigenen Lernfortschritt in den Kontext zu setzen. Diesen also mit dem der anderen Agenten abzugleichen, wozu unterstützend auf den Dienst „Identifizieren des Lernfortschritts“ der Rolle AnalytikerIn zurückgegriffen werden kann. Sind einige der Agenten einem selbst voraus, so können weitere Untersuchungen durchgeführt bzw. in Auftrag gegeben werden, um zu erörtern, welche Gründe das hat. Es könnte z. B. sein, dass die Agenten, die voraus sind, viel miteinander kommunizieren (zu diesem Zweck bietet die Rolle AnalytikerIn den Dienst „Identifizieren der Häufigkeit und Art von Interaktionen“ an) und sich so gegenseitig bei der Lösung von Aufgaben unterstützen oder sie vermehrt oder andere Lernmaterialien nutzen („Identifizierung der Nutzung von Lehr- und Lernmaterialien“). Vielleicht investieren sie auch mehr Zeit als man selbst („Identifizieren des Zeitaufwands“) oder haben andere Verhaltensmuster („Aufdecken nützlicher Verhaltensmuster“), die ihnen dabei helfen, insgesamt effizienter zu arbeiten.

Anstatt sich nur mit den Agenten aus der aktuellen Lehrveranstaltung zu vergleichen, kann auch der Vergleich mit früheren Lehrveranstaltungen nützliche Informationen liefern („Vergleichen von Lehrveranstaltungen“). Wenn die Rolle LernerIn selbst mit ihrem aktuellen Lernfortschritt unzufrieden ist oder vielleicht sogar in Betracht zieht, die Teilnahme an der Lehrveranstaltung abzuberechnen, ließe dieses sich in Relation setzen, indem sie z. B. bei der Rolle AnalytikerIn anfragt, ob dies ein Zeitpunkt ist, an dem in vorherigen Lehrveranstaltungen proportional viele Agenten die Lehrveranstaltung abgebrochen haben („Identifizieren von Hürden/Zeitpunkten, die zum Abbruch führen“). Oder sie könnte überprüfen lassen, ob sie selbst die vorgeschlagenen Aktivitäten bzw. Lösungswege verfolgt und nicht möglicherweise einige wichtige Schritte auf dem Pfad zur Lösung übersprungen hat („Untersuchung der vorgeschlagenen Aktivitäten/Lösungswege“), woraus Wissenslücken folgen könnten, die folgende Aufgaben unbeabsichtigt erschweren.

ProjektmanagerIn

Die Rolle ProjektmanagerIn kann für ihren Lösungsansatz „Einschätzen und Überblicken des Zeitaufwands“ zum Erreichen des Ziels „Koordination von Tätigkeiten und Agenten“ ebenfalls den Dienst „Identifizieren des Zeitaufwands“ der Rolle AnalytikerIn gebrauchen. Außerdem verfolgt die ProjektmanagerIn das Ziel „Förderung der Kooperation der Agenten“ und kann in diesem Zuge den Lösungsansatz „Vorschlagen geeigneter KooperationspartnerInnen“ nutzen. Wer geeignete KooperationspartnerInnen sind, kann von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, wie z. B. der aktuelle Lernfortschritt, die Bereitschaft zur Kommunikation und zum Arbeiten allgemein, vorhandenes oder fehlendes Wissen, das über die Inhalte der Lehrveranstaltung hinaus geht, wie sachverständig ein Agent in einem bestimmten Themenkomplex ist oder die präferierten Arbeitszeiten. Zur Erörterung dieser Faktoren werden von der Rolle AnalytikerIn die folgenden Dienste angeboten und von der Rolle ProjektmanagerIn genutzt: „Identifizieren des Lernfortschritts“, „Identifizieren von prokrastinierenden Agenten“, „Identifizieren der Häufigkeit und Art von Interaktionen“, „Identifizieren von Sachverständigen“ und „Identifizieren von Arbeitszeiten“.

VeranstaltungsentwicklerIn

Auch die Rolle VeranstaltungsentwicklerIn hat einige Lösungsansätze, um ihr Ziel „Entwickeln einer guten Lehrveranstaltung“ zu erreichen, die von der Identifikation, der Untersuchung oder dem Aufdecken von verborgenen Informationen profitieren können. Wie bereits in Abbildung 6.3 grafisch dargestellt, nutzt die Rolle VeranstaltungsentwicklerIn im Kontext ihres Lösungsansatzes „Erstellen/Verbessern der Struktur einer Lehrveranstaltung“ eine Vielzahl von Diensten der Rolle AnalytikerIn. Zu diesem Zweck ist es z. B. hilfreich, den Zeitaufwand bzw. die tatsächlich investierte Arbeitszeit der Agenten in den einzelnen Phasen oder für bestimmte Arten von Tätigkeiten zu identifizieren („Identifizieren des Zeitaufwands“). Wenn in einigen Phasen z. B. nur einige Agenten viel Zeit investieren und die anderen wenig, kann das darauf hindeuten, dass es strukturelle Abhängigkeiten gibt, die aufgelöst werden sollten. Hierzu könnte außerdem ergänzend die „Identifikation der Häufigkeit und Art von Interaktionen“ nützlich sein. Ist die Struktur einer Lehrveranstaltung z. B. so aufgebaut, dass sich in einer Phase Teams einzelne Themen erschließen, in einer folgenden Phase die Inhalte der vorangegangenen Phase benötigt werden und dann ein Team besonders stark von den anderen Teams kontaktiert

wird, kann das darauf hindeuten, dass es sinnvoller wäre, diesen Themenkomplex in einem Block vor der erstgenannten Phase zu behandeln, um dieses Wissen bereits zu Beginn zu verteilen. Auch das vermehrte Auftreten von Abbrüchen von Agenten zu bestimmten Zeitpunkten oder besonderen Themeninhalten kann auf strukturelles Verbesserungspotential hindeuten („Identifizieren von Hürden/Zeitpunkten, die zum Abbruch führen“). Zur Verbesserung der Struktur sind außerdem Informationen darüber hilfreich, wann und ob von den Agenten welche Lernmaterialien genutzt werden („Identifizierung der Nutzung von Lehr- und Lernmaterialien“) oder ob vorgeschlagene Aktivität durchgeführt werden oder zuvor von vielen Agenten etwas anderes (möglicherweise eine Vorbereitung) gemacht wird („Untersuchung der vorgeschlagenen Aktivitäten/Lösungswege“). Letzteres weiter zu untersuchen und so nützliche Verhaltensmuster der Agenten aufzudecken („Aufdecken nützlicher Verhaltensmuster“) kann bei der strukturellen Verbesserung helfen. Um die Ergebnisse der Analysen besser einzuordnen und gegen Ausreißer abzusichern oder Tendenzen zu erkennen, kann es hilfreich sein, einzelne Instanzen einer Lehrveranstaltung miteinander zu vergleichen („Vergleichen von Lehrveranstaltungen“). So lassen sich z. B. die Auswirkungen von strukturellen Anpassungen über die Zeit hinweg untersuchen.

Ähnliche Informationen sind auch beim „Zusammenstellen von Lerninhalten“ und „Zusammenstellen von Lernmaterialien“ interessant. Das Wissen über die Reihenfolge und den Grad der Nutzung der Lernmaterialien („Identifizieren der Nutzung von Lehr- und Lernmaterialien“) sowie den Zeitaufwand für das Bearbeiten von Aufgaben kann z. B. auf fehlende Lerninhalte und/oder -materialien hinweisen. Besonders beim Überarbeiten von Lernmaterialien („Aktualisieren von Lerninhalten und -materialien“) kann es nützlich sein, zu untersuchen, inwiefern die vorgeschlagenen Lösungswege befolgt wurden („Untersuchen der vorgeschlagenen Aktivitäten/Lösungswege“) und wie dies im Zusammenhang mit der benötigten Zeit („Identifizieren des Zeitaufwands“) und den resultierenden Ergebnissen steht. Dies kann außerdem den Lösungsansatz „Explizieren von Lösungswegen“ positiv beeinflussen, wenn zusätzlich noch nützliche Verhaltensmuster aufgedeckt werden („Aufdecken nützlicher Verhaltensmuster“). Auch der Lösungsansatz „Verringern des Lehraufwands“ kann durch die Analyse von fehlenden oder unterstützenden Lernmaterialien positiv beeinflusst werden, wenn diese Lücken anschließend geschlossen werden. In diesem Zuge ist es auch interessant, die Auswirkungen von bestimmten Instruktionen und Hilfestellungen zu untersuchen („Untersuchen der Auswirkungen von Instruktionen/Hilfestellungen“).

PrüferIn

Die PrüferIn verfolgt das Ziel „Agenten benoten“. In diesem Zusammenhang setzt sie die komplexen Lösungsansätze „Objektivieren der Notenvergabe“ und „Aktuellen Leistungsstand der Agenten überblicken“ ein. Zusätzlich zu den meisten Diensten (s. Tabelle 6.11 und Abbildung 6.6), die bereits oben aufgeführt sind, nutzt sie, um die Arbeitsleistungen der einzelnen Agenten einzuschätzen, einen weiteren Dienst der Rolle AnalytikerIn: „Untersuchen gemeinsamer Arbeitsleistungen“. Natürlich sind die Benotungsgrundlagen individuell und hängen von vielen Faktoren ab, die hier nicht alle berücksichtigt werden können. Somit können noch weitere Informationen für die Rolle PrüferIn relevant oder interessant sein, die hier nicht aufgeführt sind bzw. sich aus den bisher genannten Diensten nicht ableiten lassen.

Die in Abschnitt 6.1 gesammelten Ziele und Herausforderungen werden in den folgenden Kapiteln (Iterationsphasen) aufgegriffen und unterschiedlich stark behandelt. Die Rolle

Tabelle 6.11: Angebotene Dienste der Rolle AnalytikerIn. Die aufgeführten Dienste sind der Kategorie (b) (s. Abschnitt 6.1.1) zuzuordnen.

Dienste	Nutzende Rollen	Quellen		
		Veranst.	Teiln.	Literatur
Identifizieren des Lernfortschritts	Lehr., Lern., Proj., Prüfe.	•	•	[Rodrigues u. a. 2018]
Identifizieren von prokrastinierenden Agenten	Lehr., Proj., Prüfe.	•	•	[Hooshyar u. a. 2020]
Identifizieren der Häufigkeit und Art von Interaktionen	Lehr., Lern., Proj., Ver., Prüfe.	•	•	[Sankar und Clayton 2012]
Identifizieren des Zeitaufwands	Lehr., Lern., Proj., Ver., Prüfe.	•	•	[Alasalmi 2021]
Identifizieren von Sachverständigen	Proj.	•	•	
Identifizieren von Arbeitszeiten	Proj.	•	•	[Mittal und Sureka 2014]
Identifizieren von Hürden/Zeitpunkten, die zum Abbruch führen	Lern., Ver., Prüfe.	•		[Riofrio u. a. 2015]
Identifizierung der Nutzung von Lehr- und Lernmaterialien	Lern., Ver., Prüfe.	•		[Cacatian u. a. 2015]
Aufdecken nützlicher Verhaltensmuster	Lern., Ver.	•	•	[Rodrigues u. a. 2018]
Vergleichen von Lehrveranstaltungen	Lern., Ver., Prüfe.	•	•	
Untersuchung der vorgeschlagenen Aktivitäten/Lösungswege	Lern., Ver., Prüfe.	•		[Rodrigues u. a. 2018]
Untersuchen der Auswirkungen von Instruktionen/Hilfestellungen	Ver.	•		[Tarmazdi u. a. 2015]
Untersuchen gemeinsamer Arbeitsleistungen	Prüfe.	•		

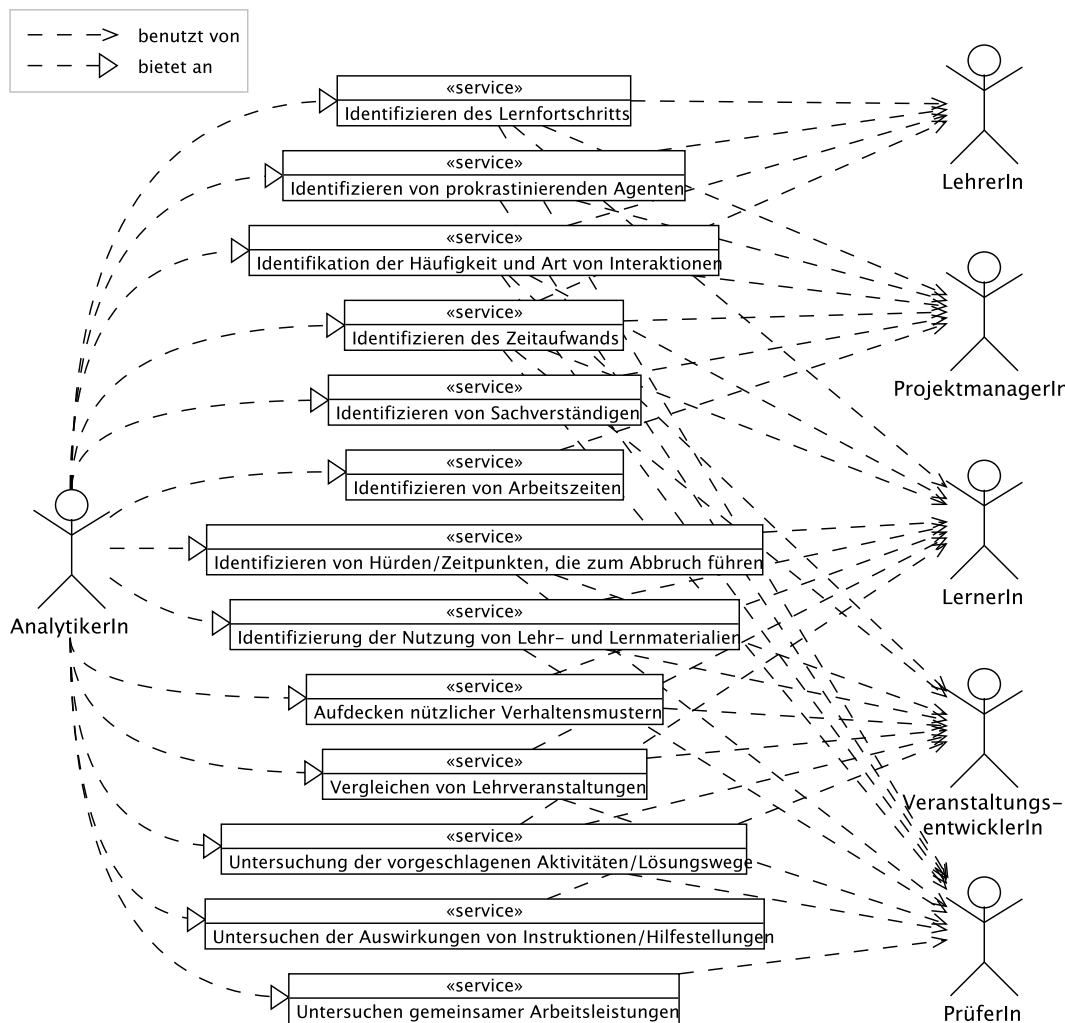


Abbildung 6.6: Beziehungen aller Dienste der Rolle AnalytikerIn

AnalytikerIn steht vor den Herausforderungen, die oben aufgeführten Dienste zu erbringen. Einer ihrer Lösungsansätze, um „Informationen durch die Durchführung von Analysen [zu] gewinnen“, ist „Daten analysieren“. Da in dieser Arbeit die Untersuchung der Unterstützung von Veranstaltenden und Teilnehmenden in projektbasierten Lehrveranstaltungen durch die Analyse von Daten im Fokus steht, wird dieser Bereich im Folgenden verstärkt bearbeitet.

6.2 Erhebung von Zielen und Herausforderungen beim Daten analysieren

Zwar lassen sich durch den Einsatz von adäquaten Analysetechniken einige Herausforderungen der identifizierten Rollen beim Lehren und Lernen adressieren, jedoch ergeben sich aus diesem Vorhaben auch weitere Herausforderungen, die berücksichtigt werden müssen. Zu diesem Zweck werden die Ziele und Herausforderungen, die sich im Kontext des

Analysierens von Daten in projektbasierten Lehrveranstaltungen ergeben, in dieser Phase erhoben und in diesem Abschnitt präsentiert. Die Herausforderungen umfassen nicht nur die reine Auswertung der Daten, sondern erstrecken sich von der Auswahl von Analysefragen über die Aufzeichnung und Extraktion der Daten bis hin zur Verwendung der Analyseergebnisse.

Wie schon die Herausforderungen beim Lehren und Lernen, wurden die hier aufgeführten Herausforderungen aus den Quellen Fachliteratur, Gespräche mit Veranstaltenden und Teilnehmenden sowie aus den Erfahrungen des Autors dieser Arbeit abgeleitet. Auch hier gilt, dass einige aus der Fachliteratur abgeleiteten Ziele und Herausforderungen dort nicht explizit für projektbasierte Lehrveranstaltungen aufgeführt sind, sie lassen sich jedoch trivial auf diese übertragen oder wurden von Veranstaltenden und/oder Teilnehmenden in den durchgeführten Interviews und Gesprächen selbst genannt.

Je nach Komplexität des Analysevorhabens gelten die hier aufgeführten Ziele und Herausforderungen nur bedingt oder es lassen sich weitere Ziele und Herausforderungen beschreiben. Die hier beschriebenen Ziele und Herausforderungen wurden unter Berücksichtigung der Anmerkungen und Wünsche der anderen Veranstaltenden und Teilnehmenden herausgearbeitet, verallgemeinert sowie nach subjektiv empfundener Wichtigkeit und Dringlichkeit ausgewählt.

6.2.1 Kategorien der Ziele und Herausforderungen

Über die Iterationen hinweg haben sich vier Kategorien für die Ziele und Herausforderungen herausgebildet, die sich im Verlauf dieses Forschungsprojekts im Sprachgebrauch für die Zuordnung als nützlich erwiesen haben. Die Kategorien orientierten sich an den Tätigkeiten, die mit dem Analysevorhaben einhergehen, und bündeln diese. Welchem Vorgehensmodell das innewohnende Data Science Projekt konkret folgt, wird in Abschnitt 10.4.2 beschrieben.

- (a) Erzeugen und Sichten eines Datenbestands
- (b) Vorverarbeiten und Bereitstellen der Daten
- (c) Analysieren der Daten
- (d) Verwendung der Analysen

6.2.2 Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn

Da die AnalytikerIn eine zentrale Rolle dieser Arbeit ist, wird sie im Folgenden detaillierter ausgearbeitet. Dadurch wird eine differenzierte Betrachtung von Tätigkeiten und deren Abhängigkeiten innerhalb der Rolle ermöglicht. Außerdem können so Agenten einzelne Subrollen der Rolle AnalytikerIn ausfüllen. Dadurch kann eine genauere Zuweisung von Fähigkeiten und Verantwortlichkeiten erfolgen. Dafür werden die folgenden Ziele und Herausforderungen spezifischeren Rollen als der Rolle AnalytikerIn zugeordnet. Zunächst muss dafür jedoch das Rollenmodell aus Abschnitt 5.2 erweitert werden. Gegenstand dieser Erweiterung ist die Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn. Ähnlich, wie die Rolle Beteiligte eine Vergrößerung einiger Rollen darstellt (s. Abbildung 5.2), wird in diesem Abschnitt auch die Rolle AnalytikerIn weitere Subrollen erhalten.

Die erste Ebene besteht aus den Rollen FragerIn, DatenanalytikerIn und BeobachterIn. Da in dieser Arbeit die Analyse von Daten im Fokus steht, wird sich speziell auf die

Verfeinerung der Rolle DatenanalytikerIn fokussiert. Dennoch werden die anderen beiden Rollen im Folgenden kurz beschrieben.

Mit der Rolle FragerIn könnte die Rolle AnalytikerIn ihr Ziel „Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen“ z. B. durch die direkte Befragung von Agenten und dem Durchführen von Umfragen oder Abstimmungen erreichen. Die Rolle BeobachterIn fügt der Rolle AnalytikerIn Fähigkeiten zum Beobachten der real-weltlichen und technischen Umgebung hinzu.

Durch die Integration der Rolle DatenanalytikerIn erfährt die Rolle AnalytikerIn eine Erweiterung um Fähigkeiten, durch die Analyse von Daten Informationen zu gewinnen. Für die Rolle DatenanalytikerIn werden hier weitere Subrollen definiert. Diese leiten sich von typischen Tätigkeiten ab, die in einem Data Science Projekt auftreten, und orientieren sich an dem *LAVA Model* (s. Seite 77). Grafisch dargestellt ist diese Verfeinerung in Abbildung 6.7.

Die Dienste, die von der Rolle AnalytikerIn den bisherigen Rollen anbietet (wie z. B. „Identifizieren des Zeitaufwands“), dienen als Schnittstelle der Dienste, die in diesem Abschnitt geschaffen und den verfeinerten Rollen zugewiesen werden.

AnwendungsfallverstherIn

Die Rolle AnwendungsfallverstherIn ist für die Annahme des Analyseauftrags von anderen Rollen zuständig (vgl. Abschnitt 6.1.3). Als Schnittstelle zu dem angebotenen Dienst „Aufträge entgegennehmen“ dienen die Dienste, welche die Rolle AnalytikerIn den bisherigen Rollen aus dem Kontext der projektbasierten Lehrveranstaltungen anbietet (wie z. B. „Identifizieren des Zeitaufwands“). Sie versucht, die Ziele der Rollen zu verstehen, die mit der Durchführung einer Analyse erreicht werden sollen und setzt diese in den Kontext der betreffenden Lehrveranstaltung. Daraufhin formuliert sie präzise Analysefragen, die den weiteren Analyseprozess maßgeblich prägen.

DatenverstherIn

Vor dem Hintergrund der formulierten Analysefragen, begutachtet und bewertet die Rolle DatenverstherIn die zur Verfügung stehenden Datenbestände und wählt die zu verwendenden Daten aus. Darüber hinaus identifiziert sie fehlende oder hilfreiche Daten und entwickelt Konzepte, wie diese aufzuzeichnen wären. Außerdem fällt die Vorbereitung für die Pseudonymisierung und Anonymisierung der Daten – genannt Risikoanalyse (s. „Datenbereinigung“ (S. 30)) – und die Bereinigung der Daten (s. „Datenbereinigung“ (S. 30)) in ihren Tätigkeitsbereich.

DatenintegratorIn

Für die (technische) Umsetzung geeigneter ETL-Prozesse (für die formulierten Analysefragen und ausgewählten Datenbestände) ist die Rolle DatenintegratorIn verantwortlich. Sie sorgt außerdem für die Datenvorverarbeitung und somit z. B. auch für die Datenfehlerkorrektur, die Datenbereinigung und die notwendige Pseudo- und Anonymisierung der Daten, um die Persönlichkeitsrechte der Agenten zu wahren.

Analyseprozess und interpretiert die Analyseergebnisse in dem Kontext der betreffenden Lehrveranstaltung.

AnalyseanwenderIn

Auf der Basis der interpretierten Analyseergebnisse erzeugt die Rolle AnalyseanwenderIn Anpassungsvorschläge für die betreffende und/oder zukünftige Lehrveranstaltung.

Nach der Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn werden in dem folgenden Abschnitt den einzelnen Rollen ihre Ziele und Herausforderungen zugeordnet und beschrieben.

6.2.3 Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen

Im Gegensatz zum Lehren und Lernen, folgt die Datenanalyse einem einheitlicheren Prozess. Wie bereits in Abschnitt 6.1.3 angedeutet, lehnt sich dieser an das LAVA-Modell (s. Seite 77) an. Zwar existieren auch bei den angeführten Lösungsansätzen zur Erreichung der Ziele beim Lehren und Lernen sinnvolle Kombinationen oder Reihenfolgen, jedoch ist der Freiheitsgrad in dem Bereich größer als in den folgenden erhobenen Lösungsansätzen. Diese bauen stärker auf Ergebnisse aus vorangegangenen Lösungsansätzen auf oder setzen diese sogar voraus.

Zur Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen wird ein ähnlicher Ansatz, wie für die Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen gewählt (vgl. Abschnitt 6.1.2): Es werden beispielhaft einige Ziele und Lösungsansätze beschrieben und anschließend wird für jede Rolle eine Tabelle angeführt, die eine Übersicht aller erhobenen Ziele und Lösungsansätze liefert. Da die Lösungsansätze stärker aufeinander aufbauen, werden diese gebündelt beschrieben und nicht, wie in Abschnitt 6.1.2 separat.

Ziel: Qualität und Vollständigkeit der Datenbasis herbeiführen

Stellt die Rolle DatenverstherIn selbst fest, dass die Qualität und Vollständigkeit der Datenbasis ungenügend ist, beginnt sie mit der Verfolgung des Ziels „Qualität und Vollständigkeit der Datenbasis herbeiführen“. Wenn z. B. Analysen über die Arbeitszeiten der Agenten durchgeführt werden sollen und die technische Umgebung diese Fähigkeit nicht bereitstellt, dann muss die technische Umgebung dementsprechend angepasst und die Agenten (Veranstaltende und Teilnehmende) genauestens instruiert werden, wie sie ihre Arbeitszeit buchen sollen. Von dem Grad des Erreichens dieses Ziels hängt der Erfolg und Nutzen der Datenanalyse ab und somit sind die Ergebnisse der Rolle DatenanalytikerIn davon betroffen bzw. begünstigt. Eine schlechte Datenqualität oder unvollständige Daten führen zu ungenauen oder sogar falschen Analyseergebnissen.

Um dieses Ziel zu erreichen, verfolgt die DatenverstherIn drei vorbereitende Lösungsansätze und einen abschließenden, welche in der folgenden Reihenfolge angewendet werden sollten: „Identifizieren der aufzuzeichnenden/benötigten Daten“, „Formulierung der Datenaufzeichnung“, „Festlegen der (Verhaltens-)Konventionen“ und abschließend „Kommunizieren der technischen Anpassungen und (Verhaltens-)Konventionen“. Zunächst gilt es zu identifizieren, welche Daten genauer oder überhaupt aufgezeichnet werden müssen, um die von der Rolle AnwendungsfallverstherIn formulierten Analysefragen zuverlässig untersuchen zu können. Im nächsten Schritt muss formuliert werden, wie die benötigten Daten aufzuzeichnen sind. Dies beinhaltet möglicherweise eine Anpassung der technischen

Umgebung, für deren Umsetzung die Rolle AdministratorIn zuständig ist. Außerdem ist es wahrscheinlich, dass (neue) Verhaltenskonventionen festgelegt werden, damit die Agenten z. B. die vorliegende technische Umgebung anders oder die Erweiterung der technischen Umgebung benutzen. Die technischen Anpassungen müssen den AdministratorInnen und die neuen/veränderten Verhaltenskonventionen den LehrerInnen, LernerInnen, ProjektmanagerInnen, PrüferInnen, Prüflingen und VeranstaltungsentwicklerInnen mitgeteilt werden. Diese stellen dafür entsprechende Dienste bereit, die ihnen die Verarbeitung dieser Informationen ermöglicht.

- Ausübende Rolle: DatenverstherIn
- Begünstigte Rolle: DatenanalytikerIn
- Dienstleistende Rollen: LehrerIn, LernerIn, ProjektmanagerIn, PrüferIn, Prüfling, VeranstaltungsentwicklerIn („(Verhaltens-)Konventionen entgegennehmen“) und AdministratorIn („Technische Anforderungen erfüllen“)

Ziel: Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Visualisierungen erstellen

Nachdem die DatenintegratorIn die zu analysierenden Daten gesammelt und bereitgestellt hat, also den gesamten ETL-Prozess durchgeführt hat, kann die DatenvisualisiererIn mit der Durchführung von Analysen beginnen. Zu diesem Zweck nimmt sie zu Beginn von der DatenintegratorIn die Informationen entgegen, wo die zu analysierenden Daten aufzufinden sind („Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten“). Anschließend entscheidet sie auf der Grundlage der von der AnwendungsfallverstherIn formulierten Analysefragen, welche Analyse- und Visualisierungstechniken („Auswählen der Analysetechniken“ und „Auswählen der Modellierungstechniken“) eingesetzt werden. Diese werden dann zum Analysieren und Visualisieren der Daten, also zum Erzeugen von Modellen, eingesetzt („Analysieren und visualisieren der Daten“). Die erzeugten Modelle werden daraufhin bewertet („Bewerten der Modelle“) und abschließend der AnalyseevaluatorIn übergeben („Kommunizieren der Analyseergebnisse“).

- Ausübende Rolle: DatenvisualisiererIn
- Begünstigte Rolle: DatenintegratorIn, DatenanalytikerIn
- Dienstleistende Rollen: AnalyseevaluatorIn („Modelle entgegennehmen“)

Ziel: Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen

Nachdem die AnalyseevaluatorIn die Modelle, die sie von der DatenvisualisiererIn erhalten, bewertet, interpretiert und an die AnalyseanwenderIn weitergereicht hat, kann letztere dafür sorgen, dass die Analyseergebnisse gewinnbringend eingesetzt werden. Dies macht sie, indem sie – je nach Anforderung – (zeitnahe) Anpassungsvorschläge für das Verhalten der Agenten und/oder die technische Umgebung ableitet („(Zeitnahes) Erzeugen von Anpassungsvorschlägen“). Die Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge müssen dann den LehrerInnen, LernerInnen, ProjektmanagerInnen, PrüferInnen, Prüflingen, VeranstaltungsentwicklerInnen und ggf. AdministratorInnen adäquat (und zeitnah) kommuniziert werden, indem z. B. eine Präsentation erzeugt und diese vorgestellt wird („Kommunizieren der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge“). Diese stellen dafür entsprechende Dienste bereit, welche ihnen die Verarbeitung dieser Informationen ermöglicht.

- Ausübende Rolle: AnalyseanwenderIn
- Begünstigte Rolle: AnalyseevaluatorIn, DatenanalytikerIn
- Dienstleistende Rollen: LehrerIn, LernerIn, ProjektmanagerIn, PrüferIn, Prüfling, VeranstaltungsentwicklerIn („Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge entgegennehmen“) und AdministratorIn („Technische Anforderungen erfüllen“)

Tabellen der Ziele und Lösungsansätze

In Abhängigkeit davon, wie stark die Teilnehmenden in das Data Science Projekt eingebunden sind, verfolgen sie einige der folgenden Ziele und Lösungsansätze selbst und erfahren somit auch die damit verbundenen Herausforderungen. Sind die Teilnehmenden Teil des Datenanalyseteams, wie z. B. in der im Kontext dieser Arbeit durchgeführten Praktika, dann verfolgen und erfahren sie nahezu alle Ziele und Herausforderungen, die auch von den Veranstaltenden erfahren werden. Sind die Teilnehmenden nicht Teil des Datenanalyseteams, so verfolgen und erfahren sie nur wenige der im Folgenden aufgeführten Ziele und Herausforderungen selbst. Um die Unterschiede zwischen den analysierten Personen und den Analyse-Durchführenden zu verdeutlichen, werden in den folgenden Tabellen die Quellenangaben unter der Annahme gemacht, dass die Teilnehmenden nicht Teil des Datenanalyseteams sind.

Tabelle 6.12: Ziele und Herausforderungen der Rolle Anwendungsfallverstehen

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen	
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.
Aufträge verstehen und Datenanalysen initiieren								
Entgegennehmen von Aufträgen	Lehr., Lern., Proj., Prüfe., Prüfl., Ver., A.eval.		•				•	
Verstehen des Auftrags			•				•	
Formulieren von Analysefragen		D.verst.	•			•	•	

Tabelle 6.13: Ziele und Herausforderungen der Rolle DatenverstehenderIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen	
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.
Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen								
Entgegennehmen von Analysefragen	Anw.ver.		•				•	
Auffinden der aufgezeichneten Daten			•				•	[Feldman-Maggor u. a. 2021]
Beschreiben der Daten			•	•			•	[Feldman-Maggor u. a. 2021]
Untersuchen der Daten			•	•			•	[Feldman-Maggor u. a. 2021]
Bewerten der Daten			•	•			•	[Feldman-Maggor u. a. 2021]
Kommunizieren der Datenbasis		Anw.ver., D.int.	•	•			•	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tabelle 6.13: Fortsetzung

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen	
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.
Qualität und Vollständigkeit der Datenbasis herbeiführen								
Identifizieren der aufzuzeichnenden/benötigten Daten Formulierung der Datenaufzeichnung Festlegen der (Verhaltens-)Konventionen Kommunizieren der technischen Anpassungen und (Verhaltens-)Konventionen	Anw.ver.		•				•	
			•				•	
			•				•	
		Lehr., Lern., Proj., Prüfe., Prüfl., Ver., Admin.	•				•	•

Tabelle 6.14: Ziele und Herausforderungen der Rolle DatenintegratorIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen		
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur
Zweckmäßige und effiziente ETL-Prozesse erstellen und durchführen									
Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten	D.ver.			•				•	[Feldman-Maggor u. a. 2021]
Extrahieren der Daten				•				•	
Transformieren der Daten				•				•	
Bereinigen der Daten				•				•	
Pseudonymisieren und anonymisieren der Daten				•				•	
Sammeln und Bereitstellen der Daten				•				•	[Feldman-Maggor u. a. 2021]
Kommunizieren der Datensammlung		D.mod.		•				•	[Feldman-Maggor u. a. 2021]
Automatisieren des ETL-Prozesses				•				•	

Tabelle 6.15: Ziele und Herausforderungen der Rolle DatenvisualisiererIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Veranst.	Teiln.	Quellen	Literatur
			(a)	(b)	(c)	(d)				
Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Modelle erstellen										
Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten	D.int.		•				•			
Auswählen der Analysetechniken			•				•			
Auswählen der Modellierungstechniken			•				•			[Paredes u. a. 2020]
Analysieren und visualisieren der Daten			•				•			[Paredes u. a. 2020]
Dokumentieren und Bewerten der Modelle			•				•			
Kommunizieren der Analyseergebnisse	A.eval.		•				•			[Kippers u. a. 2018; Paredes u. a. 2020]

Tabelle 6.16: Ziele und Herausforderungen der Rolle AnalyseevaluatorIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen			
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.	Literatur	
Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen										
Entgegennehmen von Modellen und Artefakten		D.mod.				•		•		
Bewerten der Modelle auf Plausibilität						•		•		[Kippers u. a. 2018]
Interpretieren der Modelle						•		•		[Kippers u. a. 2018]
Kommunizieren der Analyseergebnisse und Interpretationen		A.anw.				•		•		[Kippers u. a. 2018; Paredes u. a. 2020]
Initiieren weiterer Analysedurchgänge		Anw.ver.				•		•		

Tabelle 6.17: Ziele und Herausforderungen der Rolle AnalyseanwenderIn

	Begünst. Rollen	Dienstl. Rollen	Kategorien				Quellen	
			(a)	(b)	(c)	(d)	Veranst.	Teiln.
Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen								
Entgegennehmen von Analyseergebnissen und Interpretationen	A.eval.					•	•	
(Zeitnahes) Erzeugen von Anpassungsvorschlägen						•	•	
Kommunizieren der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge		Lehr., Lern., Proj., Prüfe., Prüfl., Ver., Admin.				•	•	•

Soziales Netzwerk der Subrollen der DatenanalytikerIn

Wie bereits auf Seite 134 erwähnt, lässt sich aus der Zuordnung der Ziele und Herausforderungen zu den einzelnen Rollen und der Erfassung der begünstigten und dienstleistenden Rollen ein soziales Netzwerk ableiten. Dieses ist in Abbildung 6.8 dargestellt. Die Abbildung zeigt abstrakt die strukturellen Beziehungen der Rollen zueinander.

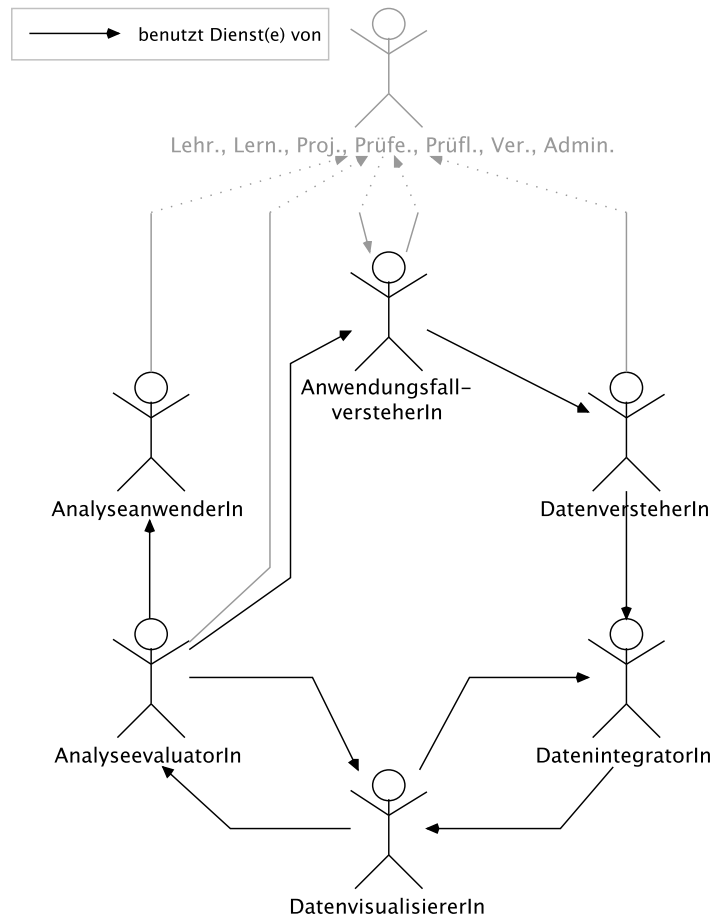


Abbildung 6.8: Abstrakte Darstellung struktureller Beziehungen der Subrollen der DatenanalytikerIn (dargestellt in schwarz) (vgl. Seite 42). Die Beziehungen zu Rollen, die außerhalb dieses Kontextes liegen, sind ausgegraut dargestellt.

6.3 Zusammenfassung

Die in diesem Kapitel erhobenen Ziele und Herausforderungen bilden die Grundlage für die folgenden Entwicklungsschritte des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA. Die Ziele und Herausforderungen wurden zum einen für den Kontext der Lehre und des Lernens und zum anderen für den Kontext der Datenanalysen in projektbasierten Lehrveranstaltungen erhoben. Auf ihrer Basis werden u. a. in dem folgenden Kapitel eine LLUA und das Rahmenwerk selbst skizziert.

Neben den erhobenen Zielen und Herausforderungen ist die Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn hervorzuheben. Ihre Subrollen (*AnwendungsfallverstherIn*, *DatenverstherIn*, *DatenintegratorIn*, *DatenvisualisiererIn*, *AnalyseevaluatorIn* und *AnalyseanwenderIn*) prägen den Bereich der Datenanalysen in diesem Forschungsprojekt maßgeblich.

7 Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung sowie des Rahmenwerks

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Herausforderungen beim Lehren und Lernen sowie beim Daten analysieren beschrieben wurden, werden in diesem Kapitel zwei Skizzen (bzw. Visionen) präsentiert. Die erste bezieht sich auf die zu erschaffene Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (LLUA), die zweite auf die zentralen Konzepte des Rahmenwerks. Für ein verbessertes Verständnis wird die Skizze der LLUA vor der des Rahmenwerks beschrieben. Denn bevor das Rahmenwerk ausgearbeitet wird, ist es hilfreich eine Vorstellung von den Funktionen der Produkte (individuelle LLUAs) zu kreieren, die mit Hilfe des Rahmenwerks realisiert werden können.

Die Skizzen folgen – wie auch die restliche Entwicklung – den Hypothesen (s. Abschnitt 4.2) und den beschriebenen Lösungsansätzen (s. Abschnitt 4.3).

7.1 Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung

Die Skizze der LLUA wird von den zuvor erhobenen Zielen und Herausforderungen abgeleitet. Zu diesem Zweck werden die folgenden Bereiche von Tätigkeiten benannt, in denen die agierenden Personen Unterstützung erwünschen und die von einer LLUA abgedeckt werden können: Planung & Durchführung, Kommunikation & Kollaboration, Reflexion und Analyse. Diese Bereiche verhalten sich orthogonal zu den Kategorien der Ziele und Herausforderungen (s. Abschnitt 6.1.1 und Abschnitt 6.2.1).

In Abbildung 7.1 ist die Skizze einer LLUA in Form eines UML Use Case Diagramms (s. Seite 40) dargestellt. Die *AkteurInnen* im Diagramm sind zwei Agenten der Spezifikationen VeranstalterIn und Teilnehmende. Die oben genannten Bereiche werden als *Kontexte* mit den innen liegenden beispielhaften *Anwendungsfällen* visualisiert.

Planung & Durchführung Die VeranstalterInnen und Teilnehmenden wünschen eine umfangreiche Unterstützung in der Planung sowie Koordination ihrer Tätigkeiten und Materialien (vgl. Abschnitt 6.1.2). Diese Unterstützung kann von der LLUA z. B. durch die Bereitstellung der Möglichkeiten zur einheitlichen Verwaltung von Tätigkeiten, Arbeitszeiten, Materialien und Ergebnissen geboten werden. Um die Anzahl der Kontextwechsel beim Arbeiten möglichst gering zu halten, werden diese Funktionen durch möglichst wenige unterschiedliche Werkzeuge bereitgestellt. Darüber hinaus lassen sich diese Werkzeuge miteinander integrieren, sodass z. B. Verweise zwischen Ergebnissen und Tätigkeiten oder zwischen Aufgaben und Lernmaterialien ermöglicht werden.

Kommunikation & Kollaboration Das Spektrum an unterschiedlichen Kommunikationsformen in einer praxisorientierten Lehrveranstaltung ist groß. Diese Formen können direkte, nicht-direkte, synchrone sowie asynchrone Kommunikation beinhalten und zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden. Eine LLUA unterstützt diese Kommunikationsformen

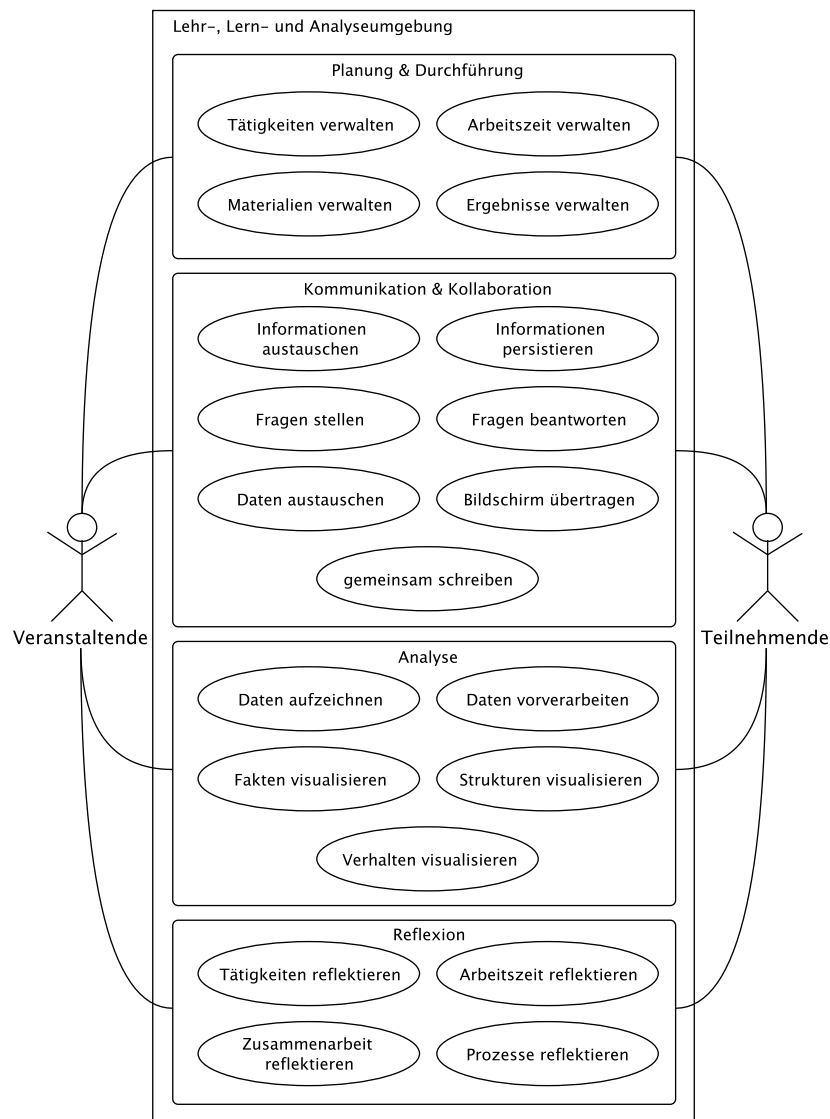


Abbildung 7.1: Skizze einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung als Use Case Diagramm. Dargestellt sind die einzelnen Tätigkeitsbereiche (als *Kontexte*) sowie deren beispielhaften Anwendungsfälle. Um die Übersichtlichkeit des Diagramms zu verbessern, sind die *Assoziationen* der *AkteurInnen* mit den *Anwendungsfällen* durch *Assoziationen* der *AkteurInnen* mit den *Kontexten* zusammengefasst.

durch geeignete Werkzeuge, die sich von den agierenden Personen sowohl in der Präsenzlehre als auch in der Fernlehre einsetzen lassen. Im Fokus stehen dabei der Austausch und das Persistieren von Informationen, das Tätigen von Absprachen sowie das Stellen und Beantworten von Fragen.

Die Kollaboration in projektbasierten Lehrveranstaltungen ist besonders in der Fernlehre eine nicht zu unterschätzende Herausforderung, die von einer LLUA adressiert werden sollte. Die räumliche Verteilung der Personen erfordert z. B. einen Sprach-Chat und eine

Bildschirmübertragung, um eine ähnliche Situation wie in der Präsenzlehre herzustellen. Das einheitliche Austauschen von Daten, die erzeugt werden oder mit denen gearbeitet wird, ist nicht nur in der verteilten Kollaboration eine Voraussetzung für eine effektive Zusammenarbeit, sondern auch in der Präsenzlehre eine wünschenswerte Funktion der technischen Umgebung. Nur so können Arbeitsstände geteilt oder übergeben und andere Personen dazu befähigt werden, die gemeinsame Arbeit fortzusetzen. Umgebungen, die einen virtuellen Mehrbenutzungsbetrieb realisieren, sind z. B. für das gemeinsame Verfassen von Dokumentationen eine hilfreiche Ergänzung.

Analyse Die Analyse von Fakten, Strukturen und Verhalten ist die Grundlage für die Förderung der Reflexion (siehe unten). Eine LLUA bietet Möglichkeiten an, um Daten über die Konzepte aufzuzeichnen, welche analysiert werden sollen. Dazu zählen z. B. die Tätigkeiten selbst, aber auch die Eigenschaften der Tätigkeiten, wie, von wem sie erstellt wurde, wer die Tätigkeit durchgeführt hat und wie viel Zeit dafür benötigt wurde. Außerdem werden von einer LLUA Werkzeuge bereitgestellt, mit Hilfe derer die Daten analysiert, vorverarbeitet und visualisiert werden können. In diesem Zusammenhang wird der gesamte Datenanalyseprozess (s. Abschnitt 2.3.5) abgedeckt und einzelne Prozessabschnitte automatisiert.

Reflexion Die Veranstaltenden und Teilnehmenden wollen in der Reflexion ihrer Tätigkeiten, des Arbeitsaufwands und Arbeitsprozesse und die der anderen Personen unterstützt werden. Eine LLUA bietet einen geeignet aufbereiteten Überblick der Tätigkeiten und Arbeitszeiten sowie der Prozesse der einzelnen Personen und kooperativen und kollaborativen Prozesse. Diese Informationen werden zeitnah bereitgestellt und kontinuierlich aktualisiert. Durch aufbereitete Vergleiche der Informationen können Abweichungen identifiziert und dadurch objektive Interpretationen gefördert werden.

Nachdem eine grundlegende Skizze einer LLUA gezeichnet ist, lassen sich in dem folgenden Abschnitt die zentralen Konzepte des Rahmenwerks skizzieren.

7.2 Skizzierung der zentralen Konzepte des Rahmenwerks

In dieser Phase der Entwicklung gilt es, das Rahmenwerk zu skizzieren, ohne die einzelnen Konzepte konkret auszuarbeiten. Zweck dieser Phase – und somit auch dieses Abschnitts – ist die Entwicklung und Beschreibung einer abstrakten Vision für das Rahmenwerk. Diese dient dem gemeinsamen Verständnis und zeichnet die Entwicklungsrichtung vor.

Die Konzepte des Rahmenwerks folgen den zuvor erhobenen Zielen und Herausforderungen in der Lehre und beim Lernen (s. Abschnitt 6.1), den Zielen und Herausforderungen beim Daten analysieren (s. Abschnitt 6.2) sowie der Skizze für eine LLUA aus dem vorherigen Abschnitt. Die Konzepte konzentrieren sich auf die Unterstützung der agierenden Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen und lassen sich in die folgenden vier Bereiche von Zielen und damit verbundenen herausfordernden Tätigkeiten einteilen: die *Unterstützung der Organisation und Kollaboration*, die *Unterstützung der Datenanalyse*, die *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* und die *Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen*. Analog zu diesen Bereichen besteht das Rahmenwerk aus vier Clustern, die sich jeweils einem Bereich widmen. Diese Cluster werden im Folgenden skizziert.

In Abbildung 7.2 ist die Skizze des Rahmenwerks in Form eines UML Use Case Diagramms dargestellt. Die *AkteurInnen* sind wieder die Agentenspezifikationen VeranstalterIn und Teilnehmende. Die oben genannten Cluster werden als *Kontexte* mit den innen liegenden beispielhaften *Anwendungsfällen* visualisiert. Es ist anzumerken, dass die vier Cluster des Rahmenwerks nicht analog zu den vier Bereichen der skizzierten LLUA gewählt wurden.

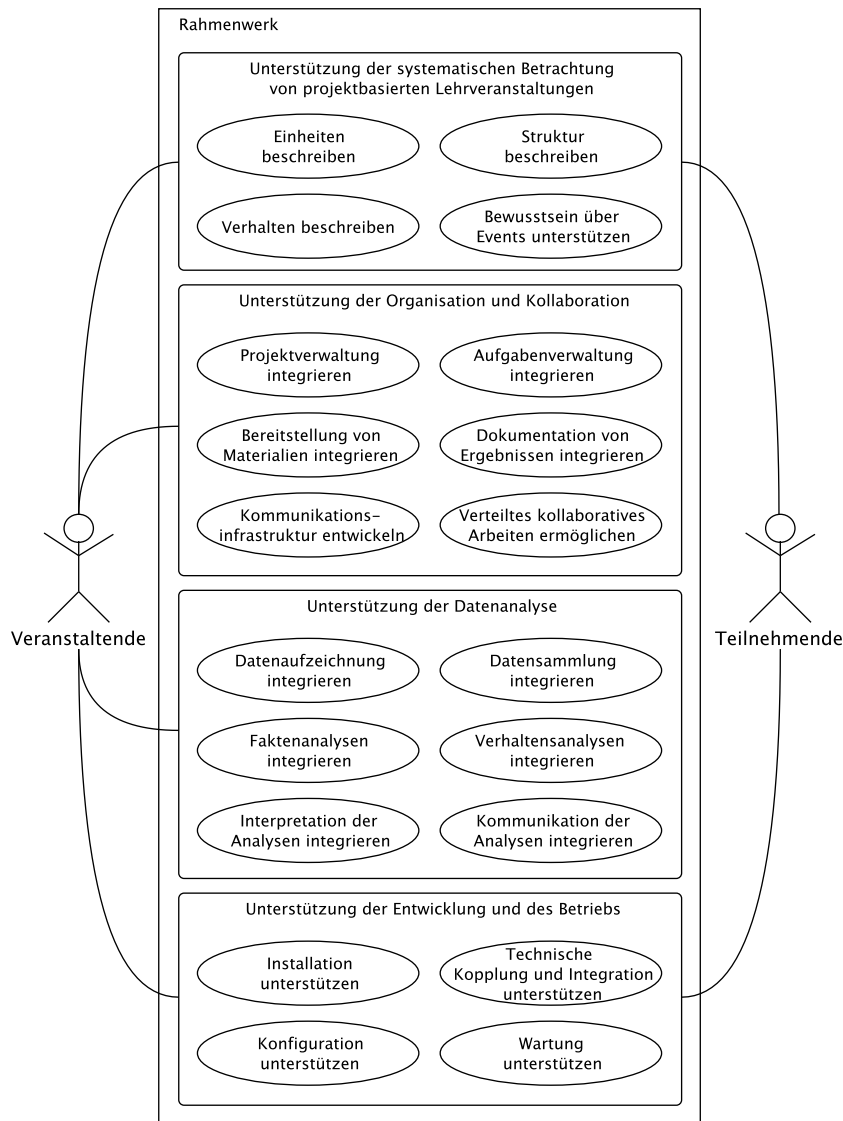


Abbildung 7.2: Skizze des LLUA-Rahmenwerks als Use Case Diagramm. Dargestellt sind die einzelnen Cluster sowie deren beispielhafte Anwendungsfälle. Zur verbesserten Übersichtlichkeit des Diagramms sind die *Assoziationen* der *AkteurInnen* mit den *Anwendungsfällen* durch *Assoziationen* der *AkteurInnen* mit den *Kontexten* zusammengefasst.

Cluster: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen Praktische Lehrveranstaltungen können in ihren konkreten Ausprägungen sehr unterschiedlich sein. Da das Rahmenwerk zur Realisierung unterschiedlicher LLUAs für verschiedene projektbasierte Lehrveranstaltungen eingesetzt werden können soll, ist eine einheitliche Auffassung von projektbasierten Lehrveranstaltungen hilfreich. Dadurch kann der Einsatz des Rahmenwerks für Veranstaltende und Teilnehmende vereinfacht werden.

Dieser Cluster schlägt eine solche systematische Betrachtung nach dem Vorbild eines Multiagentensystems (MAS) von projektbasierten Lehrveranstaltungen vor und bietet somit der Entwicklung und dem Einsatz des Rahmenwerks eine Basis. Durch die Beschreibung der einzelnen Einheiten und deren Verortung bzgl. Strukturen und Verhalten wird ein abstraktes Modell von projektbasierten Lehrveranstaltungen geschaffen. Auf diese Weise wird eine einheitliche Terminologie etabliert. Zusätzlich kann die systematische Betrachtung die Durchführung, Vergleichbarkeit, Interpretation und Kommunikation der Analysen unterstützen.

Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration Das Rahmenwerk integriert die Organisation und Kollaboration auf zwei Ebenen. Auf der ersten Ebene werden Methoden, Techniken und Werkzeugarten beschrieben, durch deren Einsatz die agierenden Personen in ihren organisatorischen und kollaborativen Herausforderungen unterstützt werden können. Auf der zweiten Ebene liegt der Fokus auf der Integration der beschriebenen Methoden, Techniken und Werkzeugarten in projektbasierte Lehrveranstaltungen.

Dieser Cluster bündelt bewährtes Vorgehen und bietet den Veranstaltenden Hilfestellungen für die Auswahl geeigneter Methoden, Techniken und Werkzeugarten für ihre projektbasierten Lehrveranstaltungen sowie deren konzeptionelle Integration. Zu den Tätigkeiten, die von diesem Cluster unterstützt werden, zählen z. B. die Integration einer Aufgabenverwaltung, die Entwicklung einer Kommunikationsinfrastruktur und die Unterstützung des verteilten kollaborativen Arbeitens.

Cluster: Unterstützung der Datenanalyse Analog zu dem vorherigen Cluster wird vom Rahmenwerk auch die Datenanalyse auf zwei Ebenen integriert. Die erste Ebene beschreibt Methoden, Techniken und Werkzeugarten, durch deren Einsatz den agierenden Personen unterschiedliche Möglichkeiten der Datenanalyse geboten und wie diese miteinander integriert werden können. Diese Integration folgt dem Datenanalyseprozess (s. Abschnitt 2.3.5). Die zweite Ebene beinhaltet die konzeptionelle Integration des Datenanalyseprozesses in projektbasierten Lehrveranstaltungen.

Auch dieser Cluster fasst bewährtes Vorgehen für die Veranstaltenden zusammen und bietet diesen Hilfestellungen für die Auswahl geeigneter Methoden, Techniken und Werkzeugarten für ihre projektbasierten Lehrveranstaltungen sowie deren konzeptionelle Integration. Durch den Cluster werden z. B. die folgenden Tätigkeiten unterstützt: die Integration der Aufzeichnung und Sammlung von Daten, die Integration der Analyse von Fakten und Verhalten sowie die Integration der Interpretation und Kommunikation der Analysen.

Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA Das Rahmenwerk unterstützt die Veranstaltenden nicht nur bei der Auswahl und der Integration der

Werkzeugarten, sondern auch bei der Installation und dem Betrieb (Konfiguration, Wartung) einer LLUA. Die Teilnehmenden werden von diesem Cluster ebenfalls bei der Installation und dem Betrieb einzelner Werkzeugarten allgemein unterstützt.

Dieser Cluster verknüpft und verallgemeinert gesammelte Erfahrungen beim Installieren und Betreiben einer LLUA. Es wird auf notwendige und hinreichende Fragestellungen eingegangen, die von den Veranstaltenden in den einzelnen Phase der technischen Realisierung einer LLUA berücksichtigt werden sollten. Dazu werden den Veranstaltenden eine konzeptionelle und eine konkrete LLUA empfohlen. Für Letztere werden zur Unterstützung Beschreibungen und technische Artefakte bereitgestellt.

7.3 Zusammenfassung

Die in diesem Kapitel angefertigten Skizzen einer LLUA sowie des Rahmenwerks dienen dazu, grundlegende Bilder von beiden zu erzeugen, welche in den folgenden Kapiteln dieses Teils der Arbeit ausgefüllt werden.

Eine LLUA bietet praxisorientierte, technische Unterstützung in den vier Bereichen *Planung & Durchführung*, *Kommunikation & Kollaboration*, *Reflexion* sowie *Analyse* an. Das Rahmenwerk ist in vier Cluster eingeteilt. Jedes dieser Cluster bietet konzeptionelle und praxisorientierte Unterstützung für die Kontexte: Systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen, Organisation und Kollaboration, Datenanalysen sowie Entwicklung und Betrieb einer LLUA.

8 Festlegung der Rahmenbedingungen

Bevor die Anforderungen an eine Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (LLUA) und das Rahmenwerk definiert werden können, müssen zunächst die Rahmenbedingungen festgelegt werden, denen die Entwicklung und die Umsetzung beider Folge leisten müssen. Zur Definition der Anforderungen tragen die Rahmenbedingungen in gleichen Maßen bei, wie die zuvor erhobenen Ziele und Herausforderungen der Veranstaltenden und Teilnehmenden.

Die Rahmenbedingungen dieser exploratorischen Entwicklung sind zweigeteilt. Auf der einen Seite steht die Entwicklung des Rahmenwerks, das für die Realisierung einer LLUA eingesetzt werden kann. Auf der anderen Seite steht die Entwicklung und technische Realisierung einer konkreten LLUA. Die Entwicklung des Rahmenwerks bedingt die parallele Entwicklung und Erprobung einer konkreten LLUA und somit dürfen die für diese LLUA geltenden Rahmenbedingungen nicht vernachlässigt werden. Teilweise überschneiden sich die Rahmenbedingungen beider oder beeinflussen sich gegenseitig. Die Entwicklung des Rahmenwerks folgt speziellen Rahmenbedingungen, von ihnen einige auch bei der Benutzung des Rahmenwerks eingehalten werden sollten, während die LLUA zusätzlichen Rahmenbedingungen folgt. Einige dieser zusätzlichen Rahmenbedingungen sind spezifisch für die Universität Hamburg, andere sollten bei dem Betreiben einer LLUA auch in anderen universitären Kontexten eingehalten werden. So kann in anderen universitären Kontexten z. B. eine abweichende technische Infrastruktur existieren, die veränderte technische Rahmenbedingungen erfordert, während jedoch die gleichen ethischen Rahmenbedingungen erwünscht sind.

Des Weiteren ist die Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (MAS) zu berücksichtigen, wie sie bereits in den vorangegangenen Kapiteln 5 und 6 vorbereitet wurde.

Zunächst werden in diesem Kapitel die Wechselwirkungen der Entwicklung des Rahmenwerks und der LLUA beschrieben. Es wird erörtert, inwiefern die vom Rahmenwerk vorgegebenen Konzepte die Grundlage für die technische LLUA liefern und wie deren Einsatz wiederum die Konzepte des Rahmenwerks beeinflusst (s. Abschnitt 8.1).

Der organisatorische Kontext dieses Forschungsprojekts umfasst das Promotionsvorhaben des Autors und die Lehrveranstaltungen in deren Zuge die Forschung durchgeführt wird. Aus beiden ergeben sich Rahmenbedingungen, die zu berücksichtigen sind. Außerdem werden jeweils die organisatorischen Rahmenbedingungen (Anwendungsbereiche, Zielgruppen und Betriebsbedingungen) an das Rahmenwerk und die LLUA festgelegt (s. Abschnitt 8.2).

Bei den technischen Rahmenbedingungen wird ebenfalls explizit zwischen dem Rahmenwerk und der LLUA unterschieden. Da das Rahmenwerk keine technisch auszuführende Entität ist, bedarf es hier anderer Bedingungen als bei der LLUA, die als Zusammenschluss unterschiedlicher ausführbarer Software in technische Umgebungen eingebettet wird (s. Abschnitt 8.3).

Zum Schutz der Persönlichkeitsrechte der agierenden Personen werden Richtlinien vereinbart, die bei der Entwicklung und dem Einsatz des Rahmenwerks sowie der LLUA einzuhalten sind. Dies gilt insbesondere für den Umgang mit den aufgezeichneten und analysierten Daten (s. Abschnitt 8.4).

Basierend auf den zuvor beschriebenen Rahmenbedingungen werden abschließend die Systemumgebung und die Systemgrenzen des Rahmenwerks und der LLUA beschrieben (s. Abschnitt 8.5).

8.1 Wechselwirkungen des Rahmenwerks und der LLUA

Im Abschnitt „Entwicklung eines Rahmenwerks zur Realisierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“ (S. 98), wurde – im Kontext der Erläuterung des Lösungsansatzes – bereits beschrieben, dass das Rahmenwerk das Reservoir für die gewonnenen und positiv bewerteten Erfahrungen beim praktischen Einsatz einer exemplarischen LLUA ist. Das Rahmenwerk reagiert jedoch nicht nur auf die gewonnenen Erfahrungen beim praktischen Einsatz, sondern gibt auch Rahmenbedingungen und Konzepte vor und legt die Anforderungen fest, denen die LLUA folgt. Das Aufzeigen dieses Zusammenhangs soll dabei helfen, die Beziehungen der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Rahmenbedingungen besser einordnen zu können.

Die Rahmenbedingungen ergeben sich aus der Forschungsumgebung des Rahmenwerks und beeinflussen wiederum die Gestaltung der Konzepte. Durch die Realisierung der LLUA wird die Forschungsumgebung bzw. die jeweilige projektbasierte Lehrveranstaltung verändert und durch die gewonnenen Erfahrungen, die in das Rahmenwerk zurückfließen, wird das Rahmenwerk verändert, was wiederum eine Veränderung der LLUA zur Folge hat. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 8.1 abstrahiert grafisch dargestellt. Im Prinzip entspricht dies den Auswirkungen eines geläufigen agilen und iterativen Softwareentwicklungsansatzes – mit dem Unterschied, dass die gewonnenen Erfahrungen aus der Erprobungsphase hier explizit in Form eines Rahmenwerks gebündelt werden.

Es existieren Rahmenbedingungen, welche von außen auf die Entwicklung des Rahmenwerks – also auf dieses Forschungsprojekt – einwirken, weil sie aus der Forschungsumgebung selbst entspringen. Einige dieser Rahmenbedingungen werden explizit in das Rahmenwerk übernommen, andere verbleiben außerhalb des Rahmenwerks.

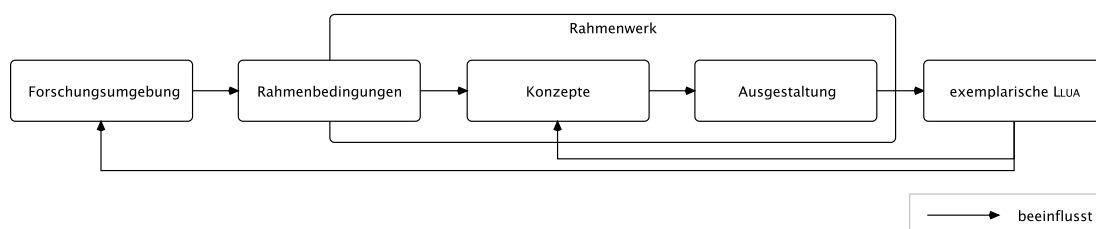


Abbildung 8.1: Abstrakte Beziehungen der Forschungsumgebung, des LLUA-Rahmenwerks und der LLUA.

8.2 Organisatorische Rahmenbedingungen

Die organisatorischen Rahmenbedingungen setzen sich aus den Teilen Promotionsvorhaben, Lehrveranstaltungen, Anwendungsbereiche, Zielgruppen und Betriebsbedingungen zusammen. Diese gelten sowohl für das Rahmenwerk als auch für eine LLUA. Differenziert wird lediglich in den Teilen Anwendungsbereiche und Betriebsbedingungen.

Lehrveranstaltungen

Der Autor dieser Dissertationsschrift füllt in den meisten Lehrveranstaltungen die Agentenspezifikation des Veranstaltenden aus. Das Rahmenwerk und die LLUA werden in Zusammenarbeit mit den (anderen) Veranstaltenden und den Teilnehmenden einiger Lehrveranstaltungen der Universität Hamburg entwickelt und erprobt. Daraus ergeben sich einige nicht vorhersagbare Faktoren, wie z. B. die Anzahl der anwesenden Teilnehmenden sowie ihre Vorkenntnisse. Besonders kommen ihre Bereitschaft zur Mitarbeit und ihr Einverständnis darüber, dass ihre Daten analysiert werden, zum Tragen. Gemäß den Vorgaben der Studienordnung soll der zeitliche Aufwand für die Teilnehmenden nicht überschritten werden.s

Die Lehrveranstaltungen weisen die Form von Praktika oder Projekten auf (s. Abschnitt 2.1.1) und werden jeweils in einem zeitlich begrenzten Rahmen von typischerweise einem Hochschulsemester durchgeführt. Durch den Wechsel der Teilnehmenden über die einzelnen Veranstaltungen hinweg müssen sich die Veranstaltenden häufig auf unterschiedliche Personen und deren Vorwissen einstellen. Die Veranstaltenden müssen wiederholt sowohl die fachlichen Grundlagen als auch den aktuellen Entwicklungsstand und die Vision des Rahmenwerks sowie der LLUA vermitteln.

Anwendungsbereiche

- Rahmenwerk
 - Das Rahmenwerk kann dazu eingesetzt werden, eine Lehr- und Lernumgebung zu entwerfen und zu implementieren, mit der projektbasierte Lehrveranstaltungen der Informatik an Hochschulen geplant, organisiert, durchgeführt, analysiert und ausgewertet werden können.
- LLUA
 - Der Anwendungsbereich einer LLUA umfasst die Planung & Durchführung, Kommunikation, verteilte Kollaboration, Reflexion und Analyse in und von universitären projektbasierten Lehrveranstaltungen der Informatik.

Zielgruppen

Da der Einsatz des Rahmenwerks, ohne die Absicht eine LLUA zu realisieren und zu verwenden keinen Nutzen hat, werden die Zielgruppen und deren Voraussetzungen für beide hier zusammen betrachtet.

Einleitend lässt sich konstatieren, dass die Durchführung von Datenanalysen einen erhöhten Zeit- sowie Ressourcenaufwand bedeutet. Je nachdem, wie viel Vorwissen und Zeit den NutzerInnen des Rahmenwerks zur Verfügung stehen, sollte abgewogen werden, mit

wie vielen Personen das Projekt durchgeführt wird (vgl. Abschnitt 16.3). Die Durchführung von Datenanalysen im Kontext des Rahmenwerks ist für erfahrene DatenanalytikerInnen oder Personen geeignet, die dieses Fachgebiet erlernen möchten. Das Rahmenwerk bietet dafür einen Einstieg. In diesem Zuge wird u. a. grundlegendes theoretisches sowie praktisches Wissen vermittelt, auf welchem Neulinge aufbauen können.

- Die Zielgruppen sind **Veranstaltende** und **Teilnehmende** der Informatik (vgl. Abbildung 7.1 und Abbildung 7.2), also die Meso und Micro Ebene nach [Ifenthaler und Widanapathirana 2014]).
- Die **Veranstaltenden** verfügen zum Warten der LLUA über grundlegende Kenntnisse der Server-Administration.
- Die **Veranstaltenden** weisen grundlegende Fähigkeiten in der Administration und Benutzung komplexer, technischer Werkzeuge auf.
- Die **Veranstaltenden** können die Benutzung komplexer, technischer Werkzeuge Teilnehmenden vermitteln.
- Die **Teilnehmenden** können die Benutzung komplexer, technischer Werkzeuge erlernen.
- Die **Veranstaltenden** können den Teilnehmenden individuelle Hilfestellungen zur Einrichtung ihrer persönlichen technischen Umgebung geben.
- Die **Teilnehmenden** können ihre persönliche technische Umgebung administrieren.
- Die **Veranstaltenden** haben Interesse daran, Daten über ihre projektbasierten Lehrveranstaltungen aufzuzeichnen und diese zu analysieren.
- Die **Teilnehmenden** sind interessiert daran, aufgrund der Analyse ihrer Aktivitäten zu lernen und ihr Verhalten anzupassen.
- Die **Veranstaltenden** verfügen über grundlegendes Wissen über die Analyse von Daten und deren Interpretation.
- Die **Teilnehmenden** verfügen über grundlegendes Wissen über die Analyse von Daten und deren Interpretation oder können es von den Veranstaltenden vermittelt bekommen.

Betriebsbedingungen

- Rahmenwerk
 - Da das Rahmenwerk keine auszuführende Entität ist, entfallen die Betriebsbedingungen. Solche existieren lediglich im Kontext der technischen Bereitstellung des Rahmenwerk. Diese wird in Kapitel 11 näher beschrieben.
- LLUA
 - Physikalische Umgebung: Die technischen Werkzeuge werden zu großen Teilen in einer Büroumgebung genutzt. Die Werkzeuge für die Projektorganisation und -durchführung können auch von außerhalb des universitären Netzwerks und mobil genutzt werden.
 - Tägliche Betriebszeiten: Die Werkzeuge für die Projektorganisation und -durchführung sind dauerhaft über das Internet (auch von außerhalb des universitären Netzwerks) erreichbar und werden nur zur Wartungszwecken zeitweise abgeschaltet.
 - Eigenständigkeit: Die Werkzeuge für die Projektorganisation und -durchführung bedürfen während des Betriebs keiner Beobachtung und Steuerung.

- Authentifizierung: Wenn möglich, authentifizieren die Veranstaltenden und Teilnehmenden sich mittels ihrer universitären Benutzerkonten, um die Anwendungen zu nutzen.

Lizenzen und finanzielle Mittel

Sofern Software Dritter eingesetzt wird, muss diese kostenlos genutzt werden können oder es müssen kostenlose Lizenzen für die Forschung bzw. die Lehre beantragt werden können. Diese Lizenzen müssen mindestens für die Dauer dieses Forschungsprojekts gelten bzw. verlängert werden können.

Für die Durchführung dieses Forschungsprojekts sind darüber hinaus keine finanziellen Mittel verfügbar.

8.3 Technische Rahmenbedingungen

Die technischen Rahmenbedingungen entspringen den zwei Bereichen *technische Produktumgebung* und *Entwicklungsumgebung* [Balzert 2009, S. 460, 461]. In dieser Arbeit fallen die beiden Bereiche zusammen, denn das Rahmenwerk und die LLUA werden in der gleichen technischen Umgebung entwickelt, in der sie zunächst eingesetzt werden sollen. Die technische Umgebung setzt sich aus der technischen Infrastruktur der Universität Hamburg und den privaten Endgeräten der nutzenden Personen zusammen. Bei der Wahl der Technologien wird darauf Wert gelegt, dass das Rahmenwerk dazu genutzt werden kann, eine LLUA auch in einer anderen technischen Umgebung zu realisieren, als die der Universität Hamburg.

Technische Produktumgebung und Entwicklungsumgebung

Die exemplarische LLUA setzt sich aus unterschiedlichen Werkzeugen zusammen. Einige davon werden als Web-Anwendung genutzt, andere sind auf universitären und/oder privaten Endgeräten zu installieren.

- Die Web-Anwendungen (Projektorganisation und -durchführung) werden in der universitären Infrastruktur in einer virtuellen Maschine (VM, Seite 43) betrieben. Als Betriebssystem kommt ein Linux-Derivat zum Einsatz. Die VM verfügte zu Beginn über 2 CPU-Kerne, 4 GB Arbeitsspeicher und 200 GB Speicherplatz. Diese Ressourcen konnten auf Nachfrage erhöht werden. Letztendlich wurden die Ressourcen auf 8 CPU-Kerne, 24 GB Arbeitsspeicher und 400 GB Speicherplatz erhöht.
- Damit die auf der VM betriebenen Web-Anwendungen über eine verschlüsselte SSL-Verbindung erreichbar sind, wird von der Universität Hamburg ein SSL-Zertifikat bereitgestellt.
- Die Benutzung jeglicher Dienste und der Zugriff auf Daten erfordern eine Authentifizierung und sind nicht öffentlich nutzbar/erreichbar.
- Die Web-Anwendungen verwenden für die Authentifizierung von Benutzenden die universitäre Infrastruktur.
- Die lokalen Anwendungen (ETL, Analyse) werden auf den universitären Computer unter Linux und/oder Windows genutzt. Darüber hinaus werden die lokalen Anwendungen auch auf heimischen Computern unter den Betriebssystemen Windows, Linux und/oder MacOS eingesetzt.

- Die lokalen Anwendungen greifen – sofern erforderlich – direkt auf die von der VM bereitgestellten Dienste und Ressourcen zu (z. B. auf die zu analysierenden Daten).

8.4 Datenschutz und ethische Rahmenbedingungen

Eine LLUA wird dafür eingesetzt, Verhaltensdaten der nutzenden Personen aufzuzeichnen und diese zu analysieren. Da sich aus diesen Daten mitunter Informationen gewinnen lassen, welche die Persönlichkeitsrechte der Personen betreffen, gelten folgende Restriktionen:

- Den Teilnehmenden entsteht durch die parallele Entwicklung der LLUA und des Rahmenwerks kein Nachteil in Hinblick auf ihren Lernerfolg.
- Die Datenhoheit verbleibt innerhalb der Universität Hamburg.
- Zur Aufzeichnung der Daten werden ausschließlich Dienste eingesetzt, die entweder lokal an der Universität Hamburg betrieben und alleinig durch deren Bedienstete und die Veranstaltenden der jeweiligen Lehrveranstaltungen verwaltet werden oder lokal auf den Endgeräten der nutzenden Personen laufen.
- Die aufgezeichneten Daten werden nicht an Dritte weitergegeben.
- Die aufgezeichneten Daten können mindestens von den Veranstaltenden der jeweiligen Lehrveranstaltungen gelöscht werden.
- Zur Extraktion, Transformation, Speicherung und Analyse der Daten sowie zur Interpretation und Dokumentation der Analyseergebnisse werden keine öffentlichen Cloud-Dienste oder Ähnliches eingesetzt.
- Die Daten und Analysen werden nur für positive Zwecke eingesetzt, die den Einzelnen nicht schaden.
- Durch die Datenanalysen soll kein Daten fokussiertes Arbeiten gefördert werden, d. h. die Aktivitäten sollten nicht darauf abzielen, ausschließlich gute oder verwertbare Daten aufzuzeichnen. Im Mittelpunkt der Lehrveranstaltungen steht weiterhin der Lernerfolg der Teilnehmenden und die Betonung von Werten. Dies soll lediglich durch Datenmetriken gefördert werden.
- Die Daten werden den Teilnehmenden ausschließlich in pseudonymisierter Form zur Analyse bereitgestellt.
- Versuche Pseudonyme z. B. durch die Kombination von Meta-Daten aufzuschlüsseln sind nicht gestattet.
- Daten, welche fälschlicherweise die Urheberin bzw. den Urheber offenbaren, werden unverzüglich gemeldet und nicht für Analysen verwendet.
- Außerhalb der Universität Hamburg dürfen die Analyseergebnisse und die verwendeten Daten lediglich zu Forschungszwecken veröffentlicht werden. Sollten die Daten für solche Zwecke bereitgestellt werden, so sind jegliche Verweise auf die natürlichen Personen zu entfernen.

8.5 Kontext und Überblick der exemplarischen LLUA

Die Betrachtung des Kontextes und des Überblicks fungiert zur Beschreibung der Systemumgebung und der Systemgrenze – in diesem Fall die Umgebung und die Grenze der exemplarischen LLUA. Die LLUA umfasst unterschiedliche Komponenten, die wiederum selbst als System betrachtet werden können und demzufolge eine Beschreibung ihrer Rolle

und Integration in die LLUA verdienen. Die technische Ausprägung dieser Komponenten und ihre Integration sind in dieser Phase jedoch noch nicht festgelegt und demnach werden diese Aspekte erst beim groben und feinen Entwurf der LLUA (s. Abschnitt 12.2 und Abschnitt 10.4) ausgearbeitet.

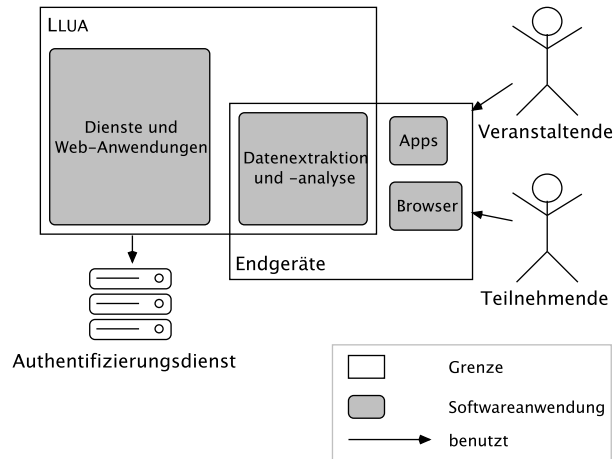


Abbildung 8.2: Umwelt der exemplarischen LLUA.

Die Umwelt der LLUA ist in Abbildung 8.2 grafisch dargestellt. Die Personen, welche die LLUA bzw. die Komponenten administrieren und im Betrieb nutzen, setzen sich aus Veranstaltenden und Teilnehmenden der Universität Hamburg zusammen. Die technische Umgebung der zur Verfügung gestellten Dienste und Anwendungen wird – wie aus den technischen Rahmenbedingungen (s. Abschnitt 8.3) zu entnehmen – vorrangig von der universitären Infrastruktur bestimmt. Damit diese Dienste und Anwendungen auch außerhalb des universitären Netzwerks genutzt werden können, sind sie über das Internet erreichbar. Die zur Verwendung der Dienste und Anwendungen genutzten Clients (z. B. Browser und Apps) sind nicht Teil der LLUA. Auf der anderen Seite ergeben sich Teile der technischen Umgebung der lokalen Anwendungen, die für die Datenextraktion und -analyse eingesetzt werden, aus den Endgeräten der Benutzenden, denn diese Anwendungen sind Teil der LLUA. Die Endgeräte sind sowohl private Smartphones und Computer als auch Workstations innerhalb der Universität Hamburg. Analog zu den genutzten Clients sind auch die Endgeräte nicht Teil der LLUA. Einige lokale Anwendungen zur Datenextraktion und -analyse sind über das Internet mit durch die LLUA global zur Verfügung gestellten Diensten verbunden, die wiederum die Infrastruktur der Universität Hamburg nutzen.

Zur Authentifizierung von Benutzenden benötigen die Web-Anwendungen eine Schnittstelle zum universitären Authentifizierungsdienst. Angesichts dessen, dass die benutzenden Personen Veranstaltende oder Teilnehmende der Universität Hamburg sind, kann davon ausgegangen werden, dass diese über eine gültige Authentifizierung verfügen.

8.6 Zusammenfassung

Die Entwicklung des Rahmenwerks hängt von der Entwicklung und Erprobung der exemplarischen LLUA ab. Dabei beeinflussen sich beide wechselseitig.

Aus organisatorischer Perspektive wurden Rahmenbedingungen in den folgenden Kontexten festgelegt: Lehrveranstaltungen, Anwendungsbereiche, Zielgruppen, Betriebsbedingungen sowie Lizenzen und finanzielle Mittel. Die technische Perspektive beinhaltet Rahmenbedingungen, welche sich aus der Produkt- sowie der Entwicklungsumgebung bilden. Für die exemplarische LLUA ist dies u. a. die technische Infrastruktur der Universität Hamburg.

Neben diesen wurden weitere Rahmenbedingungen festgelegt, welche die Wahrung des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte der Personen, deren Daten analysiert werden, unterstützen sollen. Hinzu wurden grundlegende ethische Rahmenbedingungen genannt, welche den positiven Einsatz der Datenanalysen hervorheben und einem Missbrauch vorbeugen sollen.

9 Herausarbeitung und Definition der Anforderungen

Die Herausarbeitung und Definition der Anforderungen ist die letzte Phase, bevor die vom Rahmenwerk zu bündelnden Konzepte ausgearbeitet werden. In ihr wird auf der Grundlage der zuvor erhobenen Ziele und Herausforderungen (s. Abschnitt 6.1, Abschnitt 6.2), den angefertigten Skizzen (s. Kapitel 7) und definierten Rahmenbedingungen (s. Kapitel 8) festgelegt, welche Anforderungen eine und im speziellen die exemplarische LLUA und das Rahmenwerk zu erfüllen haben. Diese Anforderungen werden in den nachfolgenden Phasen direkt adressiert, indem Ansätze verfolgt werden, um diese zu erfüllen.

Zunächst wird beschrieben, welcher Methodik bei der Ableitung und Definition der Anforderungen angewendet wurde. Es wird zwischen den Anforderungen an eine LLUA und an das Rahmenwerk unterschieden (s. Abschnitt 9.1). Bevor die Anforderungen an das Rahmenwerk definiert werden, werden die Anforderungen an eine LLUA definiert, denn das Rahmenwerk muss den Anforderungen einer LLUA gerecht werden. Mit anderen Worten, mit dem Rahmenwerk muss sich eine LLUA entwerfen und implementieren lassen, welche die Anforderungen erfüllt. Somit sind bei der Ausarbeitung der Konzepte, die wiederum iterativ in das Rahmenwerk integriert werden, die Anforderungen für eine LLUA zu berücksichtigen (s. Abschnitt 9.2).

Gleichwohl sind auf einer höheren Ebene Anforderungen an das Rahmenwerk selbst zu definieren. Diese unterscheiden sich insofern von den Anforderungen einer LLUA, als das vom Rahmenwerk keine technisch lauffähige Instanz erzeugt werden kann. Das Rahmenwerk ist vorrangig eine Sammlung und Integration von Konzepten und Handlungsempfehlungen, die dabei unterstützen eine LLUA zu entwerfen, zu implementieren und einzusetzen. Erst in zweiter Linie stellt es die technischen Hilfsmittel für die Realisierung der exemplarischen LLUA bereit (s. Abschnitt 9.3). Die Nutzbarmachung und die Bereitstellung des Rahmenwerks wird in Kapitel 11 gesondert betrachtet.

9.1 Methodik der Ableitung und Definition der Anforderungen

Die Anforderungen werden an die zuvor skizzierten Bereiche von Tätigkeiten (s. „Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung sowie des Rahmenwerks“ (S. 157)) angeordnet bzw. ihnen zugeordnet.

Die natürlichsprachlich formulierten Beschreibungen orientieren sich an der Anforderungsschablone für *Anforderungen ohne Bedingungen* aus [Balzert 2009, S. 483] erstellt¹.

¹ „muss: rechtlich bindend; soll (kann): dringend empfohlen; sollte in Zukunft: wahrscheinlich eine zukünftige Anforderung“ [Balzert 2009, S. 483]

9.1.1 LLUA

Aufgrund der Fülle an Anforderungen, werden diese zu thematischen Gruppen zusammengefasst. Für jede Gruppe wird angegeben, welche Ziele und Herausforderungen der einzelnen Rollen sie adressieren. Weiter sind die thematischen Gruppen in die Charakteristika der Anforderungen gegliedert: *Funktionale Anforderungen* und *nicht-funktionale Anforderungen*.

Die Rollen haben Ziele und Herausforderungen, in denen sie von der technischen Umgebung unterstützt werden sollen. Sie fordern also – um im Agenten Jargon zu bleiben – Dienste ein, die von der technischen Umgebung erbracht werden sollen. Daraus ergeben sich die funktionalen Anforderungen an eine LLUA. Für jede funktionale Anforderung wird jeweils beschrieben, welcher Rolle welche Funktion bereitgestellt werden muss/sollte/in Zukunft sollte. Die funktionalen Anforderungen werden zusätzlich für jede Gruppe in Form eines Use Case Diagramms schematisch dargestellt.

Die nicht-funktionalen Anforderungen beziehen sich entweder auf die zuvor definierten funktionalen Anforderungen oder adressieren im Allgemeinen den Bereich, in dem die Gruppe von Anforderungen angesiedelt ist. Sie beschreiben z. B. welche Rahmenbedingungen oder Qualitätsmerkmale die Funktionen erfüllen oder von dem gesamten Bereich eingehalten werden müssen/sollten/in Zukunft sollten. Nicht-funktionale Anforderungen, die für alle Bereiche von Tätigkeiten gelten, werden übergreifend beschrieben (zu diesen zählen z. B. konzeptionelle und ethische Anforderungen).

9.1.2 Rahmenwerk

Die Methodik der Ableitung und Definition der Anforderungen an das Rahmenwerk ähnelt stark der für die Anforderungen der LLUA eingesetzten Methodik. Es werden die Rollen und Agentenspezifikationen benannt, welche durch die geforderten funktionalen und nicht-funktionalen Eigenschaften, auf der Grundlage ihrer erhobenen Ziele und Herausforderungen (Lösungsansätze), unterstützt werden sollen. Auch hier werden die funktionalen Anforderungen zusätzlich für jede Gruppe in Form eines Use Case Diagramms schematisch dargestellt.

9.2 Definition der Anforderungen an eine Lehr-, Lern- und Analyseumgebung

Dieser Abschnitt ist in die einzelnen Bereiche von Tätigkeiten der zuvor erstellten Skizze einer LLUA (s. Abschnitt 7.1) unterteilt und die Anforderungen werden direkt diesen Bereichen zugeordnet. Außerdem werden im ersten Unterabschnitt übergreifende nicht-funktionale Anforderungen gebündelt, die für alle Bereiche einer LLUA gelten.

9.2.1 Bereich übergreifende nicht-funktionale Anforderungen

In diesem Abschnitt werden nicht-funktionale Anforderungen beschrieben, die für alle Bereiche einer LLUA gelten. Dadurch wird der Redundanz entgegengewirkt, diese für jeden Bereich erneut zu benennen.

Konzeptionelle Anforderungen

Die konzeptionellen Anforderungen stellen sicher, dass das Wozu und Was über die gesamte Entwicklungsspanne der LLUA nicht aus dem Fokus geraten.

Wie in den Abschnitten „Entwicklung eines Rahmenwerks zur Realisierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“ (S. 98) und „Wechselwirkungen des Rahmenwerks und der LLUA“ (S. 164) dargelegt, dient die LLUA als zentrales Hilfsmittel zur Entwicklung des Rahmenwerks. Neben der konzeptionellen und technischen Entwicklung der LLUA dürfen die Tätigkeiten, die für die Entwicklung des Rahmenwerks notwendig sind, nicht vernachlässigt werden. Die Entwicklung der LLUA muss essenziell zu den Zielen des Promotionsvorhabens beitragen (vgl. „Ziele, Anforderungen und Vorgehen“ (S. 99)).

Technische Anforderungen

Im Abschnitt 8.3 sind die technischen Rahmenbedingungen definiert. Diese sind bei der Realisierung der Funktionen der LLUA (sei es durch die Wahl von Software oder die eigenständige Entwicklung) sowie deren Bereitstellung (z. B. *Hosting*) über die gesamte Entwicklungsspanne einzuhalten.

Benutzbarkeitsanforderungen

Die Benutzbarkeitsanforderungen der LLUA setzen sich aus den Zielgruppen, welche die LLUA betreiben und benutzen sollen, und den Betriebsbedingungen zusammen. Beide Bereiche sind im Abschnitt 8.2 beschrieben.

Portierbarkeitsanforderungen

Die LLUA soll zum einen Teilen mit der Infrastruktur der Universität Hamburg und zum anderen Teil mit den Endgeräten der Nutzenden betrieben werden. Für beide Varianten sollte die Portierbarkeit der Dienste und Daten bzw. Softwareanwendungsinhalte sichergestellt werden.

Dadurch soll zum einen der (unwahrscheinlichen) Situation vorgebeugt werden, dass die oben beschriebene VM, diesem Promotionsvorhaben von der Universität Hamburg nicht mehr bereitgestellt wird und die LLUA während der Entwicklung migriert werden muss.

Ebenfalls muss die, für projektbasierte Lehrveranstaltung typische Situation berücksichtigt werden, dass die Endgeräte der Nutzenden wechseln können – sei es durch Neuanschaffungen, Nutzung unterschiedlicher Geräte oder der Weitergabe von Arbeitsständen an andere Personen.

Umsetzungsanforderungen

Damit das Rahmenwerk entwickelt werden kann, muss die erste Version einer LLUA frühzeitig realisiert und in einer Lehrveranstaltung erprobt werden, um so erste Erfahrungen zu gewinnen.

Für die Realisierung einzelner Funktionen der LLUA wird (voraussichtlich) Software Dritter eingesetzt. Diese Software muss entweder über eine kostenlose Benutzung verfügen oder es müssen für Forschung und Lehre kostenlose Lizenzen beantragt werden können. Diese Lizenzen müssen mindestens für die Dauer des Promotionsvorhabens gelten

bzw. verlängert werden können. Außerdem dürfen für die LLUA keine „öffentlichen Cloud-Dienste oder Ähnliches“ [Seite 168] eingesetzt werden.

Ethische Anforderungen

Die LLUA wird im Kontext von projektbasierten Lehrveranstaltungen der Informatik entwickelt und in diesen eingesetzt. Daraus ergibt sich die Anforderung, dass sie für die Veranstaltenden und besonders für die Teilnehmenden unterstützend wirken muss. Sie darf das Lernen der Teilnehmenden nicht unnötig erschweren und nicht absichtlich stören.

Die Verantwortung über den Lernerfolg der Teilnehmenden muss über die persönlichen Interessen der Forschenden (Autor dieser Arbeit sowie kooperierende Veranstaltende und Teilnehmende) gestellt werden. Dazu zählt auch, dass z. B. hypothetisch unterstützende Funktionen nicht einer Gruppe bereitgestellt, einer Kontrollgruppe jedoch vorenthalten werden. Analog dazu dürfen Funktionen, die den Veranstaltenden und Teilnehmenden ohne erkennbaren Nutzen, die Lehre bzw. das Lernen hypothetisch erschweren, nicht erprobt werden.

Durch die Aufzeichnung und Analyse der Daten, dürfen den Teilnehmenden keine Nachteile entstehen, diese dürfen „nur für positive Zwecke eingesetzt“ [Seite 168] werden.

Datenschutzanforderungen

Im Abschnitt „Datenschutz und ethische Rahmenbedingungen“ (S. 168) sind bereits die Rahmenbedingungen für den Datenschutz beschrieben. Diese stellen in gleicher Form die Anforderungen an den Datenschutz bei der Entwicklung, dem Betrieb und dem Einsatz der LLUA dar.

Nachdem in diesem Unterabschnitt die nicht-funktionalen Anforderungen beschrieben wurden, die für alle Bereiche einer LLUA zu berücksichtigen sind, werden in den folgenden Abschnitten die Anforderungen an die einzelnen Bereiche einer LLUA definiert.

9.2.2 Bereich: Planung & Durchführung

Dieser Bereich unterstützt die Veranstaltenden und Teilnehmenden in der Planung und Koordination ihrer Tätigkeiten sowie Materialien in projektbasierten Lehrveranstaltungen.

Projekte planen und durchführen

Die Veranstaltenden und Teilnehmenden wollen die Lehrveranstaltungen in Form von Projekten organisieren. Als zu organisierende Entitäten sind Projekte, Agenten (Personen, Teams), Aufgaben/Tätigkeiten, Arbeitszeit, Lehr- und Lernmaterialien, Ergebnisse und Dokumentationen zu berücksichtigen.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- ProjektmanagerIn: Koordination von Tätigkeiten und Agenten
 - Verschriftlichen von Tätigkeiten; Überblicken und Koordinieren von Tätigkeiten; Zuordnung von Agenten zu Tätigkeiten; Einschätzen und Überblicken des Zeitaufwands

- LehrerIn: Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten
 - Bereitstellen von Lernmaterialien
- PrüferIn: Agenten benoten
 - Objektivieren der Notenvergabe; Aktuellen Leistungsstand der Agenten überblicken
- LernerIn: Erwerben von neuem Wissen und neuen Fähigkeiten
 - Verwenden von Lernmaterialien
- Prüfling: Bestehen und Erhalten einer zufriedenstellenden Bewertung
 - Erbringen geforderter Leistungen; Erfahren des aktuellen Leistungsstands

Funktionale Anforderungen Der Bereich der Tätigkeiten *Planung & Durchführung* einer LLUA muss der Rolle ProjektmanagerIn die Funktionalitäten bereitstellen, Projekte anzulegen und zu konfigurieren sowie Agenten und Rechte zu verwalten. Von ihr müssen Tätigkeiten verschriftlicht und daraus Aufgaben erstellt, diese überblickt und koordiniert sowie Agenten zugewiesen werden können. Des Weiteren muss der Rolle Projektmanagerin die Funktion geboten werden den Arbeitsaufwand zeitlich einzuschätzen und zu überblicken. Als Voraussetzung dafür muss den Veranstaltenden und Teilnehmenden die Möglichkeit bereitgestellt werden, Arbeitszeit zu schätzen und zu dokumentieren.

Der Rolle LehrerIn muss die Funktionalität angeboten werden Lehr- und Lernmaterialien zu veröffentlichen und der Rolle LernerInnen diese abzurufen.

Der Rolle LernerIn muss die Möglichkeit zur Verfügung gestellt werden, die Ergebnisse ihrer Aufgaben einzureichen sowie Dokumentationen zu ihrem Vorgehen beim Lösen der Aufgabe oder anderen aufkommenden Herausforderungen festzuhalten oder weitere Materialien dafür zu erstellen. Die Ergebnisse und Dokumentationen sollten sich mit den Aufgaben verknüpfen lassen, sodass die Beziehung zwischen diesen nachzuvollziehen ist. Von diesen Möglichkeiten profitiert auch die Rolle Prüfling, da sie auf diese Weise einige der von ihr geforderten Leistungen nachweisen kann. Diese Ergebnisse und Dokumentationen bzw. Materialien müssen von den Veranstaltenden und Teilnehmenden abrufbar sein (insbesondere die LehrerIn und die PrüferIn haben ein gesteigertes Interesse an den Ergebnissen und Dokumentationen, aber auch die LernerIn muss die veröffentlichten Ergebnisse, Dokumentationen und Materialien nutzen können).

Nicht-funktionale Anforderungen Um zu ermöglichen, dass die Werkzeuge, die für die Erfüllung dieser Anforderungen ausgewählt bzw. entwickelt werden, über das Internet und auch mobil genutzt werden können, sollten diese Werkzeuge über einen Browser nutzbar sein und/oder entsprechende Apps für mindestens Windows, MacOS und Linux sowie mobile iOS und Android Geräte bereitstellen.

Die Werkzeuge müssen selbst *gehostet* werden können oder müssen bereits in der universitären Infrastruktur zur Verfügung stehen.

Damit die Benutzenden sich mittels ihres universitären Zugangs authentifizieren können, sollten sich die Werkzeuge an den Authentifizierungsdienst der universitären Infrastruktur anbinden lassen.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.1 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

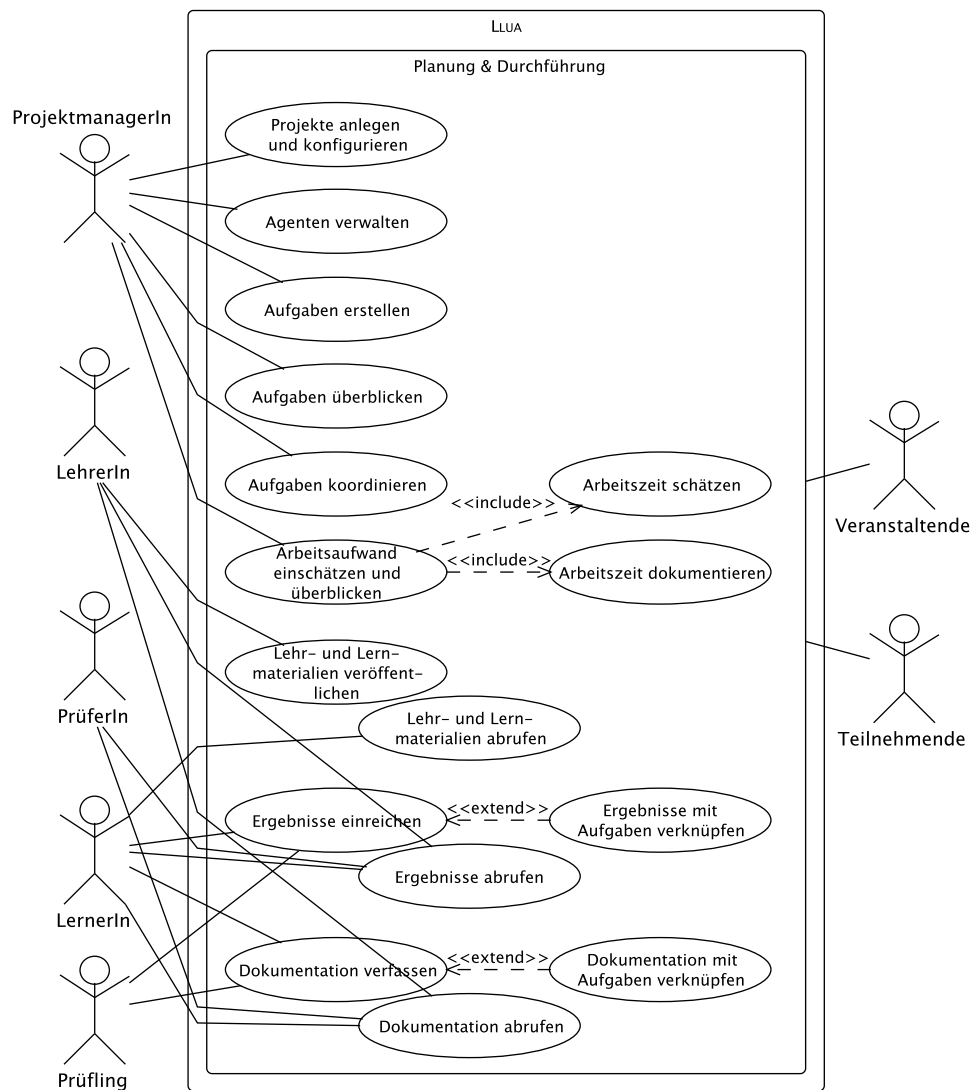


Abbildung 9.1: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Projekte planen und durchführen“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.2.3 Bereich: Kommunikation & Kollaboration

Dieser Bereich unterstützt die VeranstalterIn und Teilnehmenden in der Kommunikation und Kollaboration in projektbasierten Lehrveranstaltungen.

Verteilt kommunizieren und kollaborieren

Die VeranstalterIn und Teilnehmenden wollen räumlich und zeitlich verteilt miteinander zusammenarbeiten können.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- KooperationsIn: Mit anderen Agenten kooperieren und kollaborieren
 - Kommunizieren in verteilten Umgebungen; Herstellen zwischenmenschlicher Kontakte; Austausch von Dateien und Informationen; Gemeinsam gleiche Artefakte bearbeiten

Funktionale Anforderungen Der Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA muss der Rolle KooperationsIn die Möglichkeiten bereitstellen, direkt und indirekt sowohl synchron als auch asynchron miteinander kommunizieren zu können. Die synchrone Kommunikation muss in Textform und in natürlicher Sprache ermöglicht werden. Die asynchrone Kommunikation muss von dem Bereich mindestens in Textform unterstützt werden. Die Inhalte der textbasierten Kommunikation müssen für die spätere Verwendung gespeichert werden können und dürfen nicht nur flüchtig sein. In Zukunft sollte eine Funktion integriert werden, die diese auch in natürlicher Sprache ermöglicht, insbesondere, wenn diese automatisiert transkribiert werden kann und somit anschließend in textueller Form vorliegt.

Der KooperationsIn muss mindestens eine Funktion bereitgestellt werden, mit der sie Dateien mit anderen Agenten austauschen kann.

Darüber hinaus soll dieser Bereich der KooperationsIn die Möglichkeit zur Verfügung stellen, anderen Agenten in Echtzeit ihren Bildschirm zu präsentieren, um eine räumlich verteilte Kollaboration zu unterstützen.

Der Bereich soll der KooperationsIn außerdem die Funktionalität liefern, räumlich verteilt kollaborativ Texte zu schreiben und zu strukturieren – also gleichzeitig an einem Dokument zu arbeiten.

Nicht-funktionale Anforderungen Bei der Auswahl bzw. Entwicklung der Dienste für die sprachliche Kommunikation und die Bildschirmübertragung ist eine heute angemessene Sprach-/Bildqualität einzuhalten.

Des Weiteren gelten zur Erfüllung dieser Anforderungen die gleichen nicht-funktionalen Anforderungen, die bereits für die Gruppe an Anforderungen „Projekte planen und durchführen“ (S. 174) definiert wurden.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.2 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

9.2.4 Bereich: Analyse

Von dem Bereich *Analyse* werden die Veranstaltenden und Teilnehmenden in den vielfältigen Tätigkeiten unterstützt, die bei der Durchführung des Datenanalyseprozesses (s. Abschnitt 2.3.5) für projektbasierte Lehrveranstaltungen auftreten. Die Präsentationsreihenfolge der thematischen Gruppen der Anforderungen ist im Folgenden an den Datenanalyseprozess angelehnt. Der Bereich Analyse bildet außerdem die Grundlage für den Bereich *Reflexion*, dessen Anforderungen im nächsten Unterabschnitt beschrieben werden.

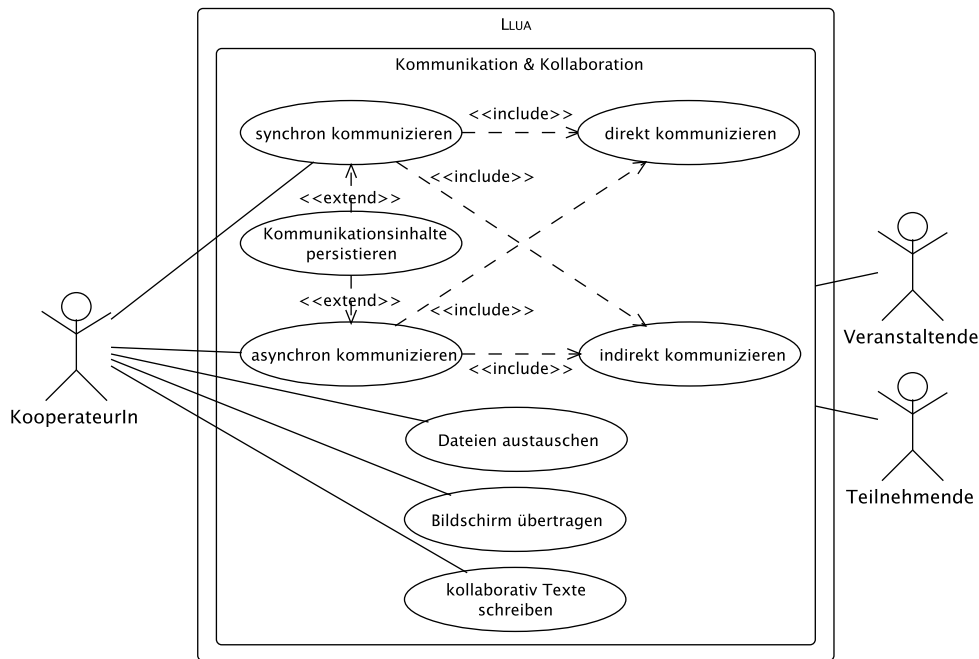


Abbildung 9.2: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Verteilt kollaborieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

Daten erheben und aufzeichnen

In Abhängigkeit davon, welche Informationen die Veranstaltenden und Teilnehmenden mit der Analyse von Daten generieren möchten, müssen entsprechende Daten erhoben und/oder von der technischen Umgebung aufgezeichnet werden. Obwohl der Kontext, in dem Daten analysiert werden, bereits eingeschränkt ist – nämlich auf projektbasierte Lehrveranstaltungen – ergeben sich dennoch eine Vielzahl an möglichen Analysefragen und somit eine Vielzahl an unterschiedlichen Daten, die mit Hilfe einer LLUA erhoben und aufgezeichnet werden sollen. Diese Analysefragen sind stark von den Zielen der Veranstaltenden und Teilnehmenden abhängig. Das Rahmenwerk stellt einen Katalog an beispielhaften Analysefragen bereit. Aus diesem Grund sind die Anforderungen dieser thematischen Gruppe nur abstrakt definiert.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - FragerIn: Agenten befragen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - DatenverstherIn: Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen
 - Auffinden der aufgezeichneten Daten, Kommunizieren der Datenbasis
 - DatenverstherIn: Qualität und Vollständigkeit der Datenbasis herbeiführen
 - Formulierung der Datenaufzeichnung; Kommunizieren der technischen Anpassungen

- DatenintegratorIn: Zweckmäßige und effiziente ETL-Prozesse erstellen und durchführen
 - Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten; Extrahieren der Daten
- BeobachterIn: Umgebung beobachten

Funktionale Anforderungen Von dem Bereich *Analysen* müssen den Veranstaltenden und Teilnehmenden die Funktion zur Verfügung gestellt werden, die Interaktionen mit technischen Werkzeugen in Form von Events aufzuzeichnen. Zu der aufzuzeichnenden Interaktion zählen mindestens die in den thematischen Anforderungsgruppen *Projekte planen und durchführen* und *Verteilt kommunizieren und kollaborieren* beschriebenen Tätigkeiten.

Des Weiteren muss den Veranstaltenden und Teilnehmenden die Möglichkeit geboten werden ihre Eingaben, wie z. B. die geschätzten und tatsächlichen Arbeitszeiten, in einer Art zu tätigen, dass sie anschließend als verwertbare Daten vorliegen – also z. B. in einem einheitlichen Format.

Die aufgezeichneten und eingegebenen Daten müssen mindestens für die DatenverstherIn und DatenintegratorIn auffindbar und erreichbar sein.

Die Daten einzelner Personen müssen auf Anfrage gelöscht werden können.

Außerdem sollte es ermöglicht werden, Umfragen durchzuführen und die Eingaben der Benutzenden auf der Oberfläche des jeweiligen Werkzeugs einzusehen.

Nicht-funktionale Anforderungen Die Aufzeichnung der Daten sollte – wo immer möglich – automatisiert erfolgen, also ohne weiteres Zutun der Benutzenden. Der Aufwand für die Benutzenden zur Erfassung der Daten sollte möglichst geringgehalten werden und darf den Aufwand für die Erledigung der Tätigkeiten nicht überschreiten.

Die Menge und Art an Daten, die aufgezeichnet werden, sollte erweiterbar sein, um individuellen Bedürfnissen gerecht werden zu können.

Die Datenaufzeichnung folgt den oben festgelegten Anforderungen an Ethik und Datenschutz.

Für die Durchführung der Umfragen sollen ausschließlich Dienste eingesetzt werden, die „lokal an der Universität Hamburg betrieben und alleinig durch deren Bedienstete und die Veranstaltenden der jeweiligen Lehrveranstaltungen verwaltet werden“ [Seite 168].

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.3 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

ETL-Prozess durchführen

Die zuvor erhobenen, aufgezeichneten und ausgewählten Daten müssen i. d. R. bevor sie zu Analysezwecken genutzt werden können, weiterverarbeitet werden. Die Rolle DatenintegratorIn muss in dieser Weiterverarbeitung und Aufbereitung von dem Bereich *Analyse* einer LLUA unterstützt werden. In diesem Zusammenhang müssen ihr Funktionen bereitgestellt werden, die sie in ihren Tätigkeiten fördert, die im Rahmen der einzelnen Phasen des ETL-Prozesses (*Extract, Transform, Load*) auftreten. Obwohl die Bereinigung, die Pseudonymisierung und Anonymisierung von Daten im Kontext der *transform* Phase

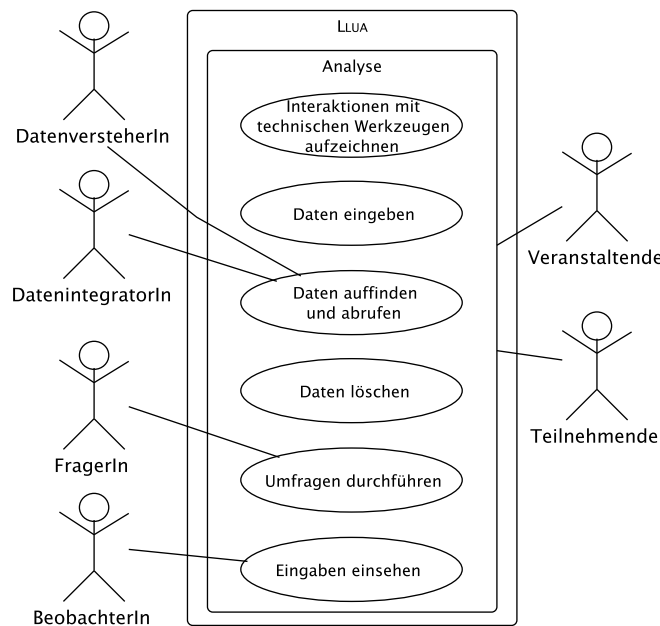


Abbildung 9.3: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Daten erheben und aufzeichnen“ modelliert als Use Case Diagramm.

durchgeführt werden können, werden die korrespondierenden Anforderungen in gesonderten Gruppen zusammengefasst (s. Seite 181 sowie Seite 183) und sind nicht Teil dieser Gruppe.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - DatenintegratorIn: Zweckmäßige und effiziente ETL-Prozesse erstellen und durchführen
 - Extrahieren der Daten; Transformieren der Daten; Sammeln und Bereitstellen der Daten; Automatisieren des ETL-Prozesses
 - DatenvisualisiererIn: Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Modelle erstellen
 - Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten

Funktionale Anforderungen Der Rolle DatenintegratorIn muss die Funktion bereitgestellt werden, die zu verarbeitenden Daten aus unterschiedlichen Quellen zu extrahieren (*extract*).

Außerdem muss der DatenintegratorIn die Möglichkeit geboten werden, die extrahierten Daten zusammenzuführen und in ein vorgegebenes Schema zu konvertieren (*transform*).

Die konvertierten Daten müssen von der DatenintegratorIn mindestens der DatenvisualisiererIn bereitgestellt werden können (*load*). Die Art und Form der Bereitstellung ist abhängig von der Analysedisziplin, die auf die Daten angewendet werden soll, z. B. werden

für *Process Mining* (PM) meistens flache Tabellenstrukturen in Form von Dateien benötigt, während für *Business Intelligence* (BI) das Laden in eine Datenbank bzw. in ein *Data Warehouse* (DWH) in Form eines bestimmten Tabellenschemas geläufig ist.

Nicht-funktionale Anforderungen Da die Erstellung eines solchen ETL-Prozesses häufig ein individuell auf die zu verarbeitenden Daten und durchzuführenden Analysen abgestimmter Vorgang ist, der mit einem hohen Aufwand verbunden ist, muss der ETL-Prozess ohne zusätzlichen Aufwand wiederholbar sein. Das heißt, die ETL-Prozesse müssen in einer Form erstellt werden können, sodass sie technisch ausführbar sind, ohne dass weitere menschliche Interaktion notwendig ist.

Zusätzlich sollten die ETL-Prozesse von der LLUA – z. B. in vordefinierten Intervallen – automatisiert ausgeführt werden können, ohne dass ein Mensch die Ausführung manuell anstoßen muss.

Die Daten müssen während der *transform* Phase des ETL-Prozesses in beliebige Tabellenschemata transformiert werden können, sodass sie passend für die jeweiligen Anwendungsfälle bereitgestellt werden können.

Für die Implementierung des ETL-Prozesses soll ein Werkzeug und nicht mehrere verwendet werden. Die Oberfläche muss intuitiv gestaltet und die erstellten Prozesse nachvollziehbar sein. Wenn möglich, sollen die ausführbaren Prozesse durch eine visuelle Modellierung unterstützt werden, damit auch Unerfahrene (insbesondere Teilnehmende) einen guten Zugang zu der Erstellung von ETL-Prozessen haben. Eine grafische Oberfläche ist somit einer textbasierten Lösung, die alleinig auf z. B. SQL-Queries basiert vorzuziehen.

Die Bereitstellung der Daten muss über verschlüsselte Verbindungen und Dienste erfolgen und die Daten verbleiben „innerhalb der Universität Hamburg“ [Seite 168].

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.4 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

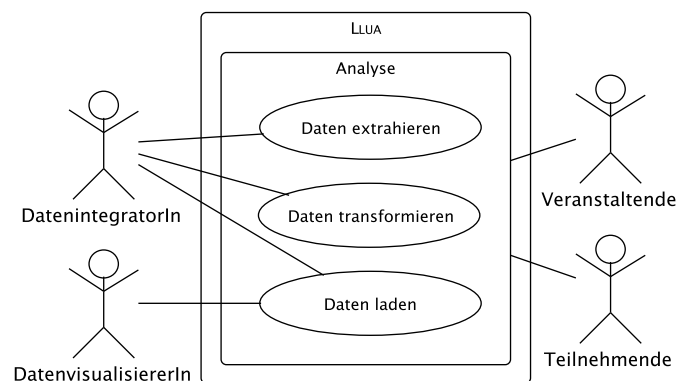


Abbildung 9.4: Die thematische Gruppe von Anforderungen „ETL-Prozess durchführen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Daten pseudonymisieren und anonymisieren

Die zuvor erhobenen, aufgezeichneten und ausgewählten Daten müssen i. d. R. bevor sie zu Analysezwecken genutzt werden können, pseudonymisiert und anonymisiert werden.

Zu diesem Vorgang zählt zunächst die Durchführung einer Risikoanalyse (s. „Datenbereinigung“ (S. 30)), um zu identifizieren, welche Daten Risiken darstellen und mit welchen Methoden und in welchem Umfang diese pseudonymisiert bzw. anonymisiert werden müssen. Die Risikoanalyse wird im Zuge der Lösungsansätze „Untersuchen der Daten“ und „Bewerten der Daten“ von der Rolle DatenverstherIn durchgeführt. Anschließend können die gewählten Methoden von der Rolle DatenintegratorIn auf die vorliegenden Daten angewendet werden.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - DatenverstherIn: Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen
 - Untersuchen der Daten; Bewerten der Daten
 - DatenintegratorIn: Zweckmäßige und effiziente ETL-Prozesse erstellen und durchführen
 - Pseudonymisieren und anonymisieren der Daten
 - DatenvisualisiererIn: Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Modelle erstellen
 - Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten

Funktionale Anforderungen Der Rolle DatenverstherIn muss die Möglichkeit geboten werden, eine Risikoanalyse für die zu verwendenden Daten durchzuführen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Diese Dokumentation muss sie der Rolle DatenintegratorIn bereitstellen können.

Der Rolle DatenintegratorIn müssen die Funktionen zur Verfügung gestellt werden, die Daten zu pseudonymisieren bzw. zu anonymisieren.

Die pseudonymisierten bzw. anonymisierten Daten müssen von der DatenintegratorIn mindestens der Rolle DatenvisualisiererIn, im Kontext des *load* aus der Gruppe von Anforderungen *ETL-Prozess durchführen*, bereitgestellt werden können.

In Zukunft sollten die Veranstaltenden und Teilnehmenden die Möglichkeit erhalten, sich selbst in den Datenanalysen identifizieren zu können. Die Pseudonymisierung sollte in Zukunft also auf Wunsch für persönliche Interessen umkehrbar sein (siehe hierzu „Allgemeine oder personenbezogene Anpassungsvorschläge“ (S. 403)).

Nicht-funktionale Anforderungen Der Vorgang der Pseudonymisierung und Anonymisierung muss – wie auch bereits der ETL-Prozess – automatisierbar sein. Es ist wünschenswert, dass dieser Vorgang, wenn sinnvoll, in den ETL-Prozess integriert werden kann.

Wenn die Daten aus unterschiedlichen Quellen stammen und pseudonymisiert werden, dann müssen die Daten über die einzelnen Quellen hinweg einheitlich pseudonymisiert werden, damit die Daten aus unterschiedlichen Quellen einem Agenten zugeordnet werden können.

Für die Teilnehmenden besteht nicht die Möglichkeit, auf nicht-pseudonymisierte Daten zuzugreifen. Das heißt, mindestens wenn Teilnehmende in den ETL-Prozess involviert sind, muss die Pseudonymisierung vorher von den Veranstaltenden bzw. automatisiert durchgeführt werden können. Außerdem müssen die Agenten die Möglichkeit erhalten,

„Daten, welche fälschlicherweise die UrheberInnen offenbaren“ [Seite 168] unverzüglich zu melden.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.5 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

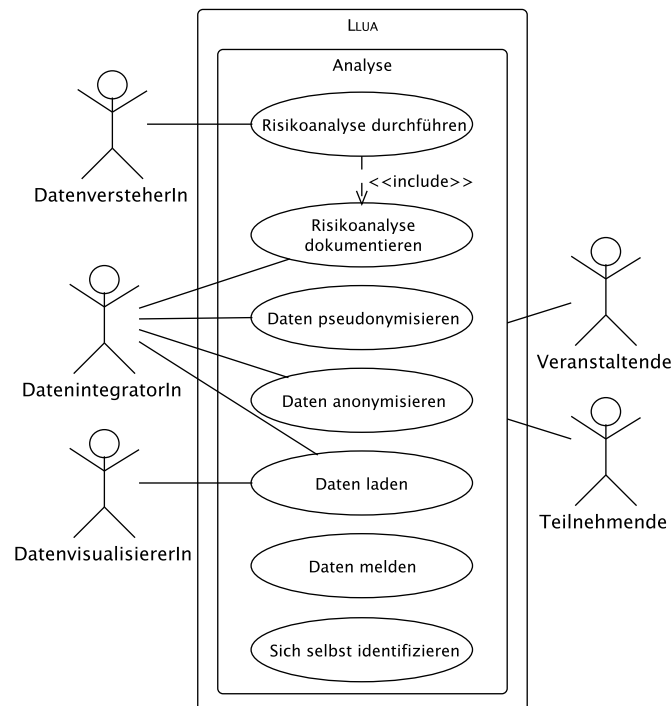


Abbildung 9.5: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Daten pseudonymisieren und anonymisieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

Daten bereinigen

Bevor Daten für Analysezwecke genutzt werden, sollten sie hinsichtlich potenzieller Fehler oder typischer Eigenschaften untersucht werden, die eine Bereinigung erfordern (s. „Datenbereinigung“ (S. 30)). Diese Untersuchung wird von der Datenversteherin im Kontext der Lösungsansätze „Untersuchen der Daten“ und „Bewerten der Daten“ durchgeführt. Außerdem legt die Datenversteherin die Methoden fest, die von der DatenintegriererIn zur Bereinigung eingesetzt werden sollen.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - Datenversteherin: Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen
 - Untersuchen der Daten; Bewerten der Daten
 - DatenintegriererIn: Zweckmäßige und effiziente ETL-Prozesse erstellen und durchführen

- Bereinigen der Daten
- DatenvisualisiererIn: Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Modelle erstellen
- Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten

Funktionale Anforderungen Der Rolle DatenverstherIn muss die Möglichkeit geboten werden, die Daten hinsichtlich typischer Eigenschaften oder Fehlern zu untersuchen, die eine Bereinigung erfordern (s. „Datenbereinigung“ (S. 30)), Methoden für die jeweilige Bereinigung anzugeben und dieses in einheitlicher Weise dokumentieren zu können. Die Ergebnisse muss sie der Rolle DatenintegratorIn bereitstellen können.

Der Rolle DatenintegratorIn müssen die Funktionen zur Verfügung gestellt werden, die typischen Methoden zur Bereinigung von Daten anzuwenden.

Die bereinigten Daten müssen von der DatenintegratorIn mindestens der DatenvisualisiererIn, im Kontext des *load* aus der Gruppe von Anforderungen *ETL-Prozess durchführen*, bereitgestellt werden können.

Nicht-funktionale Anforderungen Die Bereinigung der Daten muss – wie auch bereits der ETL-Prozess – automatisierbar sein. Es ist wünschenswert, dass dieser Vorgang, wenn sinnvoll, ebenfalls in die Implementierung des ETL-Prozesses integriert werden kann.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.6 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

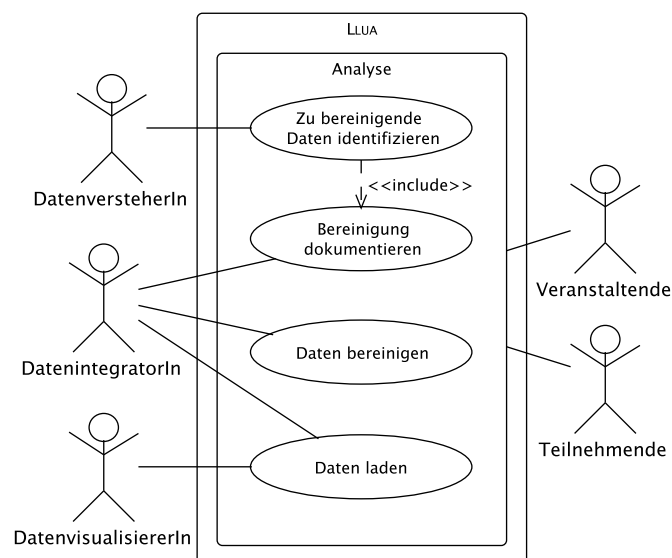


Abbildung 9.6: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Daten bereinigen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Daten für Analysen bereitstellen

Die aufbereiteten Daten, die für Analysezwecke genutzt werden sollen, müssen mindestens der Rolle DatenvisualisiererIn bereitgestellt werden. Das *Laden* der Daten wird von der

Rolle DatenintegratorIn vollzogen. Diese benötigt für diesen Vorgang mindestens ein Ziel, wohin sie die Daten laden soll.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AdministratorIn: Bereitstellen und Warten der globalen technischen Umgebung
 - Bereitstellen und Warten einer Kommunikations- und Kollaborationsinfrastruktur; Bereitstellen und Warten einer Datenanalyseinfrastruktur
- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - DatenintegratorIn: Zweckmäßige und effiziente ETL-Prozesse erstellen und durchführen
 - Sammeln und Bereitstellen der Daten; Kommunizieren der Datensammlung
 - DatenvisualisiererIn: Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Modelle erstellen
 - Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten

Funktionale Anforderungen Der AdministratorIn muss die Möglichkeit geboten werden, unterschiedliche Arten der Datensammlung² bereitzustellen. Diese müssen mindestens von der DatenintegratorIn befüllt und von der DatenvisualisiererIn ausgelesen werden können. Für die flachen Tabellenstrukturen in Form von Dateien für PM, müssen diese Dateien hoch- und runtergeladen werden können. Für die Datenhaltung in Form von Datenbanken bzw. in Form eines DWH für BI, müssen die Möglichkeiten bestehen Datenbanken bzw. DWH zu betreiben.

Der AdministratorIn muss die Funktion zur Verfügung gestellt werden, die Zugangsdaten zu den Datensammlungen mindestens mit der DatenintegratorIn und der DatenvisualisiererIn zu teilen.

Nicht-funktionale Anforderungen Der Rolle AdministratorIn muss eine technische Infrastruktur bereitgestellt werden, mit der sie mindestens die oben genannten Arten der Datensammlung realisieren kann.

Die Daten aller Quellen sollen für die einzelnen Arten der Datensammlung einheitlich gesammelt werden und über einheitliche Zugänge verfügen. Es ist nicht wünschenswert, dass z. B. einige Dateien für PM auf einem Server zum Download bereitstehen, andere per E-Mail untereinander geteilt werden müssen und wiederum andere über ein Portal bereitgestellt werden.

Die Bereitstellung der Daten muss über verschlüsselte Verbindungen und Dienste erfolgen und die Daten verbleiben „innerhalb der Universität Hamburg“ [Seite 168]. Der Zugriff auf die Daten „ist durch eine Authentifizierung abgesichert“ [Seite 167].

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.7 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

²Wie bereits in der Gruppe von Anforderungen *ETL-Prozess durchführen* erwähnt, ist die Art ggf. abhängig von der Analysedisziplin.

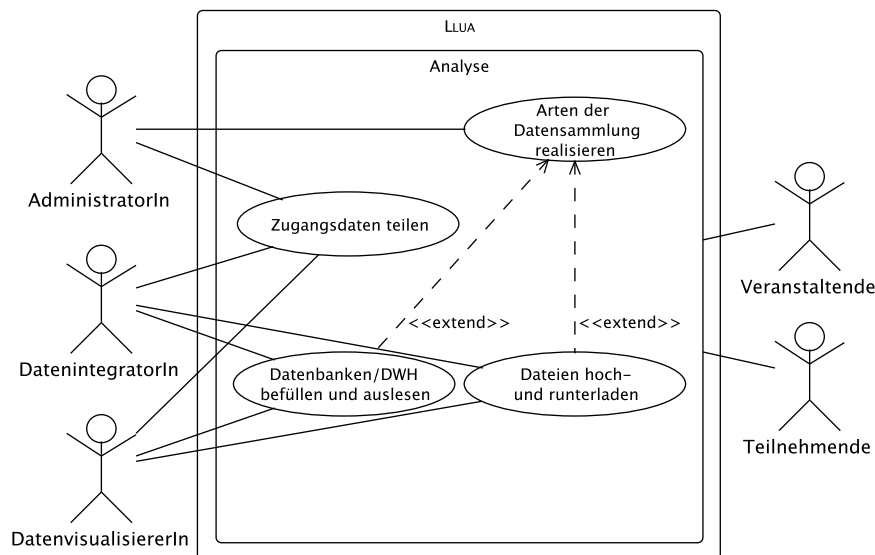


Abbildung 9.7: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Daten für Analysen bereitstellen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Faktenanalysen ermöglichen und durchführen & Verhaltensanalysen ermöglichen und durchführen

Die beiden oben genannten Gruppen unterscheiden sich in ihren Anforderungen nur geringfügig. Um eine redundante Beschreibung zu vermeiden, werden beide Gruppen hier gemeinsam präsentiert. Die Analyse und Visualisierung von dynamischen Strukturen wird von der Gruppe der Anforderungen für die Verhaltensanalysen subsumiert.

Um Informationen aus den Daten zu gewinnen, werden diese von der DatenvisualisiererIn analysiert und visualisiert.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - DatenvisualisiererIn: Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Modelle erstellen
 - Analysieren und visualisieren der Daten

Funktionale Anforderungen Der DatenvisualisiererIn müssen die Funktionen bereitgestellt werden, sowohl Fakten- als auch Verhaltensanalysen durchzuführen und die Ergebnisse zu visualisieren. Die Artefakte, die für die Durchführung der Analyse notwendig sind, müssen zwischen Agenten austauschbar sein, sodass andere Agenten die Analysen selbst ausführen und nachvollziehen können.

Es muss die Möglichkeit bestehen, die Visualisierungen zu exportieren, um diese für unterschiedliche Präsentationsformen nutzbar zu machen. Diese müssen gemeinsam mit den Artefakten für die Analysen mindestens der AnalyseevaluatorIn zur Verfügung gestellt werden können.

Modelle, die z. B. außergewöhnliches Verhalten aufweisen, sodass Agenten andere identifizieren könnten, müssen so verändert werden können, dass dieses Verhalten keinem Pseudonym zuzuordnen ist (indem z. B. die Pseudonyme ausgeblendet oder *geschwärzt* werden).

Damit die DatenvisualisiererIn die Daten analysieren und visualisieren kann, muss ihr die Möglichkeit bereitgestellt werden, die Daten mit entsprechender Software, die sie für diese Tätigkeiten nutzen will/soll, zu importieren. Je nach zur Verfügung stehenden Arten und Formen der Daten sowie gewählter Software, kann sich dieser Prozess unterscheiden. Die Art der Datenbereitstellung und die für die Analyse beabsichtigte, zu nutzende Software muss aufeinander abgestimmt werden.

Für die DatenvisualisiererIn müssen Möglichkeiten geschaffen werden, unverzüglich Daten zu melden (vgl. Abbildung 9.5), „welche fälschlicherweise die UrheberInnen offenbaren“ [Seite 168] und diese von den Analysen auszuschließen.

Nicht-funktionale Anforderungen Da es möglich sein muss, die Informationen, die aus den Analysen gewonnen werden, den Agenten zeitnah bereitzustellen, müssen auch die Analysen zeitnah durchgeführt werden können.

Außerdem müssen die durchgeführten Analysen mit geringem Aufwand wiederholt werden können, um z. B. auf veränderte bzw. korrigierte Daten zu reagieren oder die gleiche Analyse auf eine andere Menge von Daten anzuwenden.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.8 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

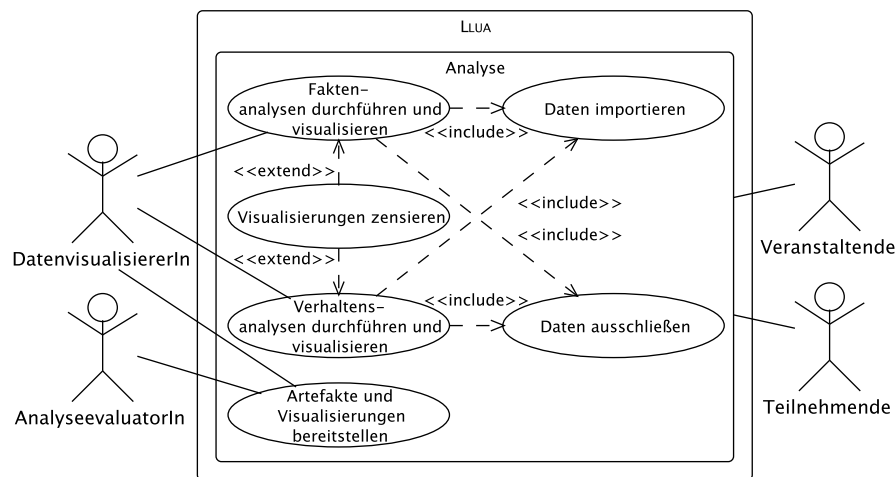


Abbildung 9.8: Die thematischen Gruppen von Anforderungen „Faktenanalysen ermöglichen und durchführen“ und „Verhaltensanalysen ermöglichen und durchführen“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.2.5 Bereich: Reflexion

In diesem Unterabschnitt werden die Anforderungen an den Bereich *Reflexion* definiert. Dieser unterstützt die Veranstaltenden und Teilnehmenden in der Reflexion ihres Verhaltens im Kontext von projektbasierten Lehrveranstaltungen. Die Anforderungen an diesen

Bereich adressieren die Evaluation und Nutzung der Analysen sowie den Prozess der Kommunikation und (gemeinsamen) Reflexion seines Verhaltens.

Analysen evaluieren und nutzen

Der Nutzen der durchgeführten Analysen wird von den beiden Rollen AnalyseevaluatorIn und AnalyseanwenderIn sichergestellt. Erstere evaluiert (bewertet), interpretiert die erhaltenen Analysen, erzeugt Anpassungsvorschläge und initiiert ggf. weitere angepasste Durchgänge, um die vorliegenden Analysen zu verbessern. Letztere kommuniziert diese Ergebnisse den Agenten, die den Analyseauftrag initiiert haben (wenn diese nicht ohnehin in den Vorgang der Evaluation und Anwendung eingebunden sind). Dadurch tragen sie einen wesentlichen Teil zur Unterstützung der (Selbst-)Reflexion der Agenten bei, deren Daten analysiert werden (s. Abschnitt 9.2.5).

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - AnalyseevaluatorIn: Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen
 - Entgegennehmen von Modellen und Artefakten; Kommunizieren der Analyseergebnisse und Interpretationen; Initiieren weiterer Analyse-durchgänge
 - AnalyseanwenderIn: Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen
 - Entgegennehmen von Analyseergebnissen und Interpretationen; Kommunizieren der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge

Funktionale Anforderungen Der Bereich *Reflexion* einer LLUA muss der AnalyseevaluatorIn die Möglichkeit bereitstellen, die Analysen im Kontext der Lehrveranstaltung auf ihre Plausibilität hin zu bewerten und zu interpretieren. Dazu müssen ihr Funktionen für die Begutachtung der Analysen und die Untersuchung zugehöriger Artefakte zur Verfügung stehen. Außerdem sollte sie für diese Tätigkeiten die Möglichkeit geboten bekommen, Analysen miteinander zu vergleichen (z. B. mit Analysen aus einer vorherigen oder auch aus einer anderen Lehrveranstaltung).

Nachdem sie die Modelle interpretiert hat, müssen ihr die Funktionen bereitstehen, die Analyseergebnisse und die Interpretationen zu kommunizieren und ggf. weitere angepasste Analysedurchgänge zu initiieren.

Die AnalyseanwenderIn muss auf die erzeugten Analyseergebnisse und Interpretation zugreifen können, um daraus zeitnah Anpassungsvorschläge für die laufende und/oder folgenden Lehrveranstaltungen zu erzeugen. Diese Anpassungsvorschläge müssen mit den Analysen und Interpretationen verknüpft werden können, sodass sie nicht (nur) unabhängig von diesen existieren und so auch zu späteren Zeitpunkten ihre Herleitung nachvollzogen werden kann.

Anschließend muss sie die Möglichkeit haben, die Ergebnisse und Anpassungsvorschläge den Agenten zu präsentieren, die den Analyseauftrag initiiert haben.

Nicht-funktionale Anforderungen Die Interpretationen und Anpassungsvorschläge dürfen „nur für positive Zwecke eingesetzt [werden], die den einzelnen nicht schaden“ [Seite 168].

Die Verknüpfung der Modelle mit den Interpretationen und Anpassungsvorschlägen muss nachvollziehbar gestaltet sein.

Im Rahmen der Interpretation und Generierung von Anpassungsvorschlägen muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass „Versuche Pseudonyme z. B. durch die Kombination von Meta-Daten aufzuschlüsseln [...] nicht gestattet [sind]“ [Seite 168]. Weitere Daten, als die für die Analyse ausgewählten, oder nicht pseudonymisierte Daten dürfen nicht zum Interpretieren herangezogen werden – auch dann nicht, wenn diese Daten das Interpretieren möglicherweise erleichtern oder konkretere Interpretationen ermöglichen würden.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.9 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

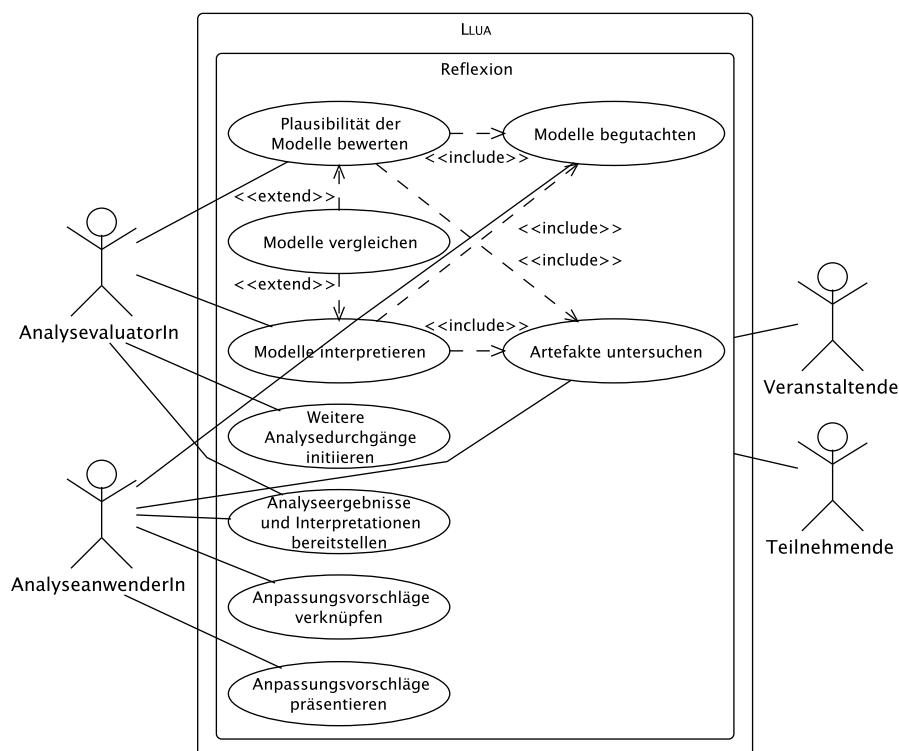


Abbildung 9.9: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Analysen evaluieren und nutzen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Verhalten reflektieren

Einige Ziele der Durchführung der Analysen sind, dass die Veranstaltenden und Teilnehmenden daraus etwas lernen, über ihre Arbeitsweisen nachdenken und diese ggf. anpassen oder anderen als gute Arbeitsweisen präsentieren. Was die Agenten genau reflektieren, hängt von der Lehrveranstaltung und ihren Zielen bzw. den Zielen der Veranstaltenden

und Teilnehmenden ab. Auch die Art des Reflexionsprozesses kann sich in vielen Parametern unterscheiden. So ist es z. B. ein Unterschied, ob die Reflexion von jedem Agenten allein durchgeführt wird oder ob in einer Gruppe das Verhalten einzelner Agenten oder des gesamten Teams diskutiert wird.

Ähnlich wie auch die Interpretation von Visualisierungen und die Generierung von Anpassungsvorschlägen, ist die Reflexion keine Tätigkeit, die von der LLUA übernommen werden kann. Sie kann die Agenten lediglich bei dieser Tätigkeit unterstützen.

Vom Reflexionsprozess sollen alle zuvor definierten Rollen profitieren können. Dies gilt nicht nur für die Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen (vgl. „Agenten und Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 108)), sondern auch für die Subrollen der AnalytikerIn (vgl. „Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn“ (S. 141)). Aufgrund der Vielzahl der Rollen und des breiten Anwendungsspektrums auf nahezu alle Lösungsansätze, wird (anders als für die anderen Gruppen von Anforderungen) hier auf eine Aufzählung der adressierten Ziele und Herausforderungen verzichtet.

Funktionale Anforderungen Damit die Veranstaltenden und Teilnehmenden die Analysen, Interpretationen und Anpassungsvorschläge für die Reflexion nutzen können, müssen sie die Möglichkeit erhalten, diese einzusehen und nachzuvollziehen.

Den Veranstaltenden und Teilnehmenden sollte die Möglichkeit geboten werden, die Analysen, Interpretationen und Anpassungsvorschläge zu diskutieren.

Nicht-funktionale Anforderungen Die Analysen, Interpretationen und Anpassungsvorschläge müssen von den Veranstaltenden und Teilnehmenden während der Lehrveranstaltung eigenständig eingesehen werden können und dürfen nicht nur temporär zur Verfügung stehen. Somit ist es z. B. nicht ausreichend, diese lediglich während einer Diskussionsrunde via Bildschirm oder Beamer zu teilen.

Die Diskussionen innerhalb einer Lehrveranstaltung müssen sowohl in sprachlicher als auch in textueller Form geführt werden können.

Die Analysen, Interpretationen und Anpassungsvorschläge dürfen „außerhalb der Universität [...] lediglich zu Forschungszwecken veröffentlicht werden“ [Seite 168].

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.10 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

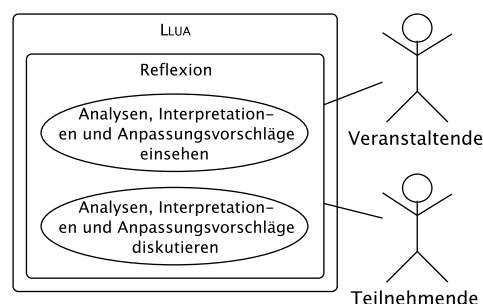


Abbildung 9.10: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Verhalten reflektieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.2.6 Bereiche: Analyse und Reflexion

In diesem Unterabschnitt wird eine weitere Gruppe an Anforderungen präsentiert, welche die beiden Bereiche *Analyse* und *Reflexion* einer LLUA überspannt und zwischen diesen eine Art Bindeglied herstellt: Die Dokumentation des Analyse- und Reflexionsprozesses.

Analyse- und Reflexionsprozess dokumentieren

Die Dokumentation des gesamten Analyse- und Reflexionsprozesses ist eine sehr wichtige Tätigkeit, die von den einzelnen Rollen nicht vernachlässigt werden sollte. Die Dokumentation dient nicht nur dem Austausch von Informationen und Daten zwischen den Rollen, sondern schafft auch eine Vertrauensbasis, da die Herleitung der Analyseergebnisse transparent und nachvollziehbar beschrieben ist – vom Verstehen des Analyseauftrags hin zu der Kommunikation von Interpretationen und Anpassungsvorschlägen sowie den Rückmeldungen der Agenten, deren Daten analysiert werden.

Da die Dokumentation des Analyse- und Reflexionsprozesses alle Subrollen der AnalytikerIn und eine Vielzahl ihrer Lösungsansätze betrifft (wie in der folgenden Aufzählung zu sehen ist), weicht die Beschreibung dieser Anforderungsgruppe von der gewohnten Weise ab. Die einzelnen Rollen werden im Text nicht explizit genannt und die Anforderungen werden generisch formuliert. Obwohl die beiden Subrollen FragerIn und BeobachterIn ihren Analyse- und Reflexionsprozess ebenfalls dokumentieren sollten, werden diese in der folgenden Aufzählung vernachlässigt, da für diese keine Ziele und Herausforderungen erhoben wurden.

Adressierte Ziele und Herausforderungen:

- AnalytikerIn: Informationen durch die Durchführung von Analysen gewinnen
 - DatenanalytikerIn: Daten analysieren
 - AnwendungsfallverstherIn: Aufträge verstehen und Datenanalysen initiieren
 - Verstehen des Auftrags; Formulieren von Analysefragen
 - DatenverstherIn: Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen
 - Entgegennehmen von Analysefragen; Beschreiben der Daten; Untersuchen der Daten; Bewerten der Daten; Kommunizieren der Datenbasis
 - DatenverstherIn: Qualität und Vollständigkeit der Datenbasis herbeiführen
 - Formulierung der Datenaufzeichnung; Festlegen der (Verhaltens-)Konventionen; Kommunizieren der technischen Anpassungen und (Verhaltens-)Konventionen
 - DatenintegratorIn: Zweckmäßige und effiziente ETL-Prozesse erstellen und durchführen
 - Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten; Bereinigen der Daten; Kommunizieren der Datensammlung
 - DatenvisualisiererIn: Geeignete Analysen durchführen und hilfreiche Modelle erstellen

- Entgegennehmen von Informationen über zu analysierende Daten; Auswählen der Modellierungstechniken; Dokumentieren und Bewerten der Modelle; Kommunizieren der Analyseergebnisse
- AnalyseevaluatorIn: Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen
 - Entgegennehmen von Modellen und Artefakten; Bewerten der Modelle auf Plausibilität; Interpretieren der Modelle; Kommunizieren der Analyseergebnisse und Interpretationen; Initiieren weiterer Analysedurchgänge
- AnalyseanwenderIn: Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen
 - Entgegennehmen von Analyseergebnissen und Interpretationen; (Zeitnahes) Erzeugen von Anpassungsvorschlägen; Kommunizieren der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge

Funktionale Anforderungen Allen Rollen, die während eines Analyse- und Reflexionsprozesses Wissen, Informationen, Entscheidungen o. ä. festhalten müssen (siehe oben), muss die Funktionalität bereitgestellt werden dieses/diese zu dokumentieren.

Alle Rollen müssen außerdem auf diese Dokumentation zugreifen können, um so die Entscheidungen der anderen Rollen nachvollziehen zu können, wie z. B. die Quelle der analysierten Daten.

Nicht-funktionale Anforderungen Die Dokumentation muss zentral und in einer einheitlichen Form erfolgen können – je nach Art der Analyse (Fragen, Datenanalysen oder Beobachtungen).

Die Dokumentationen für jeden Analyseauftrag müssen voneinander getrennt erstellt werden können, dennoch müssen Teile in andere Dokumentationen integriert oder in diesen wiederverwendet werden können.

Die Rollen müssen nebenläufig (also nicht nur verzahnt, sondern auch gleichzeitig) und im besten Fall kollaborativ an der Dokumentation arbeiten können.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.11 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

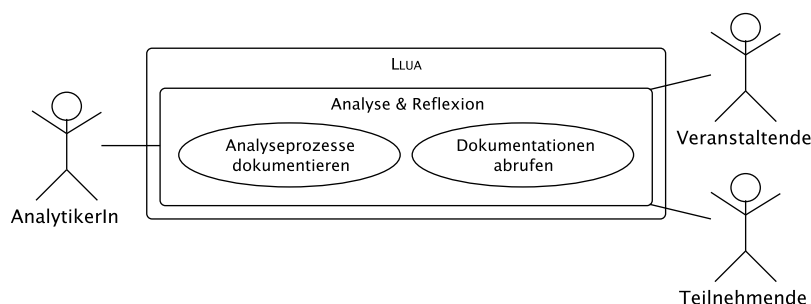


Abbildung 9.11: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Analyse- und Reflexionsprozess dokumentieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.3 Definition der Anforderungen an das Rahmenwerk

Angelehnt an die Definition der Anforderungen an eine LLUA ist dieser Abschnitt in die einzelnen Cluster der zuvor erstellten Skizze des Rahmenwerks (s. Abschnitt 7.2) unterteilt und die Anforderungen werden direkt diesen Bereichen zugeordnet. Auch werden die Anforderungen wieder in Gruppen zusammengefasst und präsentiert. Außerdem werden im ersten Unterabschnitt ebenfalls übergreifende nicht-funktionale Anforderungen gebündelt, die für alle Cluster des Rahmenwerks gelten.

9.3.1 Cluster übergreifende nicht-funktionale Anforderungen

Konzeptionelle Anforderungen

Im Abschnitt „Wechselwirkungen des Rahmenwerks und der LLUA“ (S. 164) wurde bereits beschrieben, dass das Rahmenwerk sowohl „das Reservoir für die gewonnenen und positiv bewerteten Erfahrungen beim praktischen Einsatz einer exemplarischen LLUA ist“ als auch, dass es die Rahmenbedingungen, Konzepte und Anforderungen vorgibt, die für eine LLUA gelten.

Außerdem muss das Rahmenwerk dafür genutzt werden können, eine LLUA zu entwerfen, um- und einzusetzen. Dazu muss es die einzelnen Bereiche einer LLUA auf konzeptioneller Ebene integrieren (s. „Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks“ (S. 213)) und abstrakte technische sowie konkrete, praktische Lösungen spezifizieren und ausgestalten (s. „Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks“ (S. 263)). Während der Konzeption und Ausgestaltung müssen unterschiedliche Möglichkeiten und Formen der von einer LLUA geforderten Unterstützung beleuchtet werden. Es muss beschrieben werden, welche speziellen Möglichkeiten und Formen ausgewählt wurden, und argumentiert werden, warum genau diese in einer projektbasierten Lehrveranstaltung unterstützend wirken. Dabei müssen die Anforderungen, die an eine LLUA definiert wurden, auf eine Weise berücksichtigt werden, dass sie durch die technische Umsetzung erfüllt werden können. Darüber hinaus, müssen nicht nur die einzelnen Bereiche einer LLUA auf technischer Ebene integriert werden, sondern es muss auch beispielhaft beschrieben werden, wie die entstehenden Funktionen und Möglichkeiten sich in eine Lehrveranstaltung integrieren und nützlich einsetzen lassen.

Aufgrund der Wechselwirkungen zwischen dem Rahmenwerk und der exemplarischen LLUA muss das Rahmenwerk sukzessive erweiterbar bleiben – dies schließt sowohl die Art und Vielzahl der Cluster ein als auch die Module, aus denen die Cluster bestehen³.

Benutzbarkeitsanforderungen

Das Rahmenwerk muss für die, in den Rahmenbedingungen definierten, Zielgruppen (Seite 165) nutzbar sein. Dazu muss das Rahmenwerk gebündelt bereitgestellt werden, sodass diese Zielgruppen darauf zugreifen können.⁴

Darüber hinaus muss das Rahmenwerk Hilfestellungen beinhalten, wie es eingesetzt werden kann, um eine individuelle LLUA zu entwickeln und in einer projektbasierten Lehrveranstaltung einzusetzen. Zusätzlich soll es auf Herausforderungen hinweisen, die bei der Entwicklung und dem Einsatz einer LLUA auftreten könnten.

³Die Strukturierung in Cluster und Module ist bereits Teil der Lösung für die Erweiterbarkeit.

⁴Die Bereitstellung des Rahmenwerks wird in den folgenden Kapiteln zunächst ausgegliedert und erst in Kapitel 11 gesondert behandelt.

Technische Anforderungen

Das Rahmenwerk ist zwar keine lauffähige Softwareanwendung, die in einer technischen Umgebung betrieben werden muss, jedoch soll es gebündelt bereitgestellt werden.⁴ Da das Rahmenwerk nicht nur aus Texten besteht, die in dieser Arbeit zu finden sind, sondern z. B. auch aus weiteren Anleitungen und technischen Artefakten, muss für diese Speicherplatz bereitstehen, auf den zugegriffen werden kann. Die bereitgestellten Texte müssen ein kostenloses und öffentlich zugängliches Datei-Format nutzen.

Portierbarkeitsanforderungen

Bei der Wahl der Technologien und Infrastruktur für die Bereitstellung des gebündelten Rahmenwerks muss darauf geachtet werden, dass es portierbar ist. Es sollten also keine Technologien eingesetzt werden, die nur in einem speziellen (örtlichen bzw. zeitlichen) Kontext existieren und ggf. in naher Zukunft nicht mehr zur Verfügung stehen (weil z. B. Lizenzen auslaufen).

Der Aufwand für die Portierung sollte möglichst gering sein.

Umsetzungsanforderungen

Das Rahmenwerk muss iterativ im Zusammenspiel mit der exemplarischen LLUA entwickelt werden und wachsen. Am Ende dieses Promotionsvorhabens muss ein Rahmenwerk entstanden und bereitgestellt sein, damit andere Personen (s. „Zielgruppen“ (S. 165)) dieses einsetzen können.

Ethische Anforderungen

Wie auch schon durch die Entwicklung und Erprobung der LLUA darf den Veranstaltenden und Teilnehmenden der Lehrveranstaltungen durch die Entwicklung und die Inhalte des Rahmenwerks kein Nachteil entstehen.

Die Inhalte des Rahmenwerks müssen mindestens den ethischen Rahmenbedingungen (s. Abschnitt 8.4) folgen. Das bedeutet, dass z. B. die Leitfäden zur Benutzung, die vorgeschlagenen Analysefragen und Verhaltenskonventionen nicht diskriminierend sind und immer den positiven Nutzen für die Veranstaltenden und Teilnehmenden im Fokus haben. Sollten sich die Belange von Veranstaltenden und Teilnehmenden im Widerspruch zueinander befinden, ist bei der Aufnahme und Formulierung der Inhalte des Rahmenwerks zu Gunsten der Teilnehmenden zu entscheiden.

Grundsätzliche Fragen des Datenschutzes müssen von den Veranstaltenden berücksichtigt werden. Außerdem müssen im Rahmen der Lehre (und Benotung) klar kommunizierte Anforderungen bestehen und es muss transparent kommuniziert werden, wozu welche Daten wie genutzt werden.

Nachdem in diesem Unterabschnitt die Anforderungen beschrieben wurden, die für alle Cluster des Rahmenwerks zu berücksichtigen sind, werden in den folgenden Abschnitten die Anforderungen an die einzelnen Cluster des Rahmenwerks definiert.

9.3.2 Cluster: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen

Dieser Cluster des Rahmenwerks stellt eine Betrachtungsweise für projektbasierte Lehrveranstaltungen bereit. Diese Betrachtungsweise wird auf unterschiedlichen Ebenen eingesetzt und soll dort unterstützend wirken.

Zum einen dient sie dem Autor bei der Entwicklung des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA durch eine konzeptionell einheitliche Sicht (wie z. B. in „Erhebung von Zielen und Herausforderungen von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 117) und „Herausarbeitung und Definition der Anforderungen“ (S. 171)). Darüber hinaus unterstützt sie nicht nur die Entwicklung, sondern auch die Vermittlung der erarbeiteten Ergebnisse.

Zum anderen soll sie die Veranstaltenden und Teilnehmenden von projektbasierten Lehrveranstaltungen bei der Entwicklung und dem Einsatz einer eigenen individuellen LLUA sowie der Durchführung von Lehrveranstaltungen unterstützen.

Die Inhalte dieses Clusters wurden bereits zu Teilen in dieser Arbeit präsentiert (s. „Förderung der systematischen Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen“ (S. 105)), weiter ausgearbeitet und benutzt (s. „Erhebung von Zielen und Herausforderungen von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 117) und „Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung sowie des Rahmenwerks“ (S. 157) sowie dieses Kapitel). Dabei wurden die hier definierten Anforderungen berücksichtigt. Um die Anforderungen gebündelt darzustellen, ist die Entscheidung gefallen, die Anforderungen nicht vor der ersten Benutzung dieses Clusters zu formulieren.

Systematische Betrachtungsweise bereitstellen

Die systematische Betrachtungsweise wird nicht nur für die Unterstützung der Veranstaltenden und Teilnehmenden benötigt, sondern auch vom Autor dieser Arbeit bei der Entwicklung und Vermittlung einiger Ergebnisse.

Diese Gruppe an Anforderungen betrifft alle zuvor definierten Rollen und nahezu alle korrespondierend definierten Ziele und Herausforderungen.

Funktionale Anforderungen Zunächst muss dieser Cluster den agierenden Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen herleiten, dass sie sich in einem Projekt befinden, das ähnliche Charakteristika (s. Abschnitt 2.2.1) aufweist, wie „Projekte in der Wirtschaft, der Wissenschaft und Behörden im Kontext der Informatik“ [Seite 8] – es müssen also Parallelen aufgezeigt werden. Denn die in Abschnitt 1.4 formulierten Hypothesen zielen alle darauf ab, dass Lehrveranstaltungen mit den gleichen Mitteln, wie oben genannte Projekte unterstützt werden können. Somit muss hergeleitet werden, dass die projektbasierten Lehrveranstaltungen selbst über die allgemeinen Charakteristika von Projekten verfügen.

Die systematische Betrachtungsweise muss die Personen dabei unterstützen, sich selbst und die anderen in die Struktur der Lehrveranstaltung und den Kontext der Tätigkeiten (Verhalten) einzuordnen. In dem Zusammenhang müssen die Kommunikationsschnittstellen explizit berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck sollen Modelle der Realität bereitgestellt werden. Dies soll u. a. die Zusammenarbeit (insbesondere die Kommunikation, Koordination, Kooperation und Kollaboration) der Personen positiv beeinflussen.

Außerdem muss das Bewusstsein der Personen in Hinblick auf Ereignisse, die in einer als Projekt betrachteten Lehrveranstaltung auftreten können, geschult und geschärft werden. So soll die Datenanalyse in Bezug auf die Strukturen und das Verhalten sowie die Reflexionsfähigkeiten der Personen gefördert werden.

Nicht-funktionale Anforderungen Die Herleitung der Annäherung von Lehrveranstaltungen an Projekte in der Wirtschaft, der Wissenschaft und Behörden im Kontext der Informatik muss nachvollziehbar gestaltet sein und mit Literaturquellen belegt werden.

Um die Personen in der Einordnung ihrer selbst und der anderen in die Lehrveranstaltung zu unterstützen, muss dieser Cluster sowohl eine struktur- als auch eine verhaltensorientierte Zerlegung von projektbasierten Lehrveranstaltungen vornehmen – unter Einbeziehung der Schnittstellen und ausgetauschter Daten. Hervorzuheben sind die Abhängigkeiten zwischen den Personen und ihren Tätigkeiten. Für diesen Zweck ist eine Technik zu wählen, mit der grafische Modelle erstellt werden können, die intuitiv die Realität beschreiben.

Die Ereignisse müssen sich ebenfalls mit der gewählten Technik intuitiv in die Modelle integrieren lassen.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.12 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

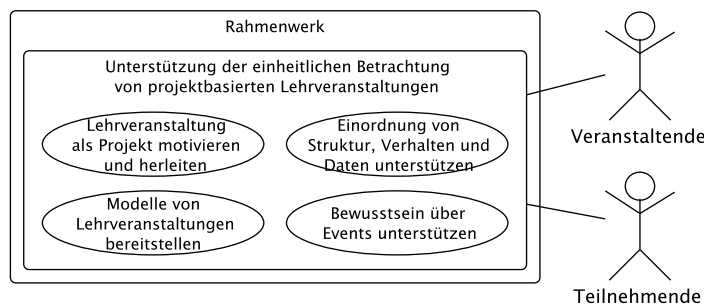


Abbildung 9.12: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Systematische Betrachtungsweise bereitstellen“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.3.3 Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration

Dieser Cluster deckt hauptsächlich zwei Bereiche ab. Zum einen beinhaltet er die Entwicklung und Definition der Anforderungen an eine LLUA für das Lehren und Lernen, die von Veranstaltenden übernommen und/oder erweitert werden können. Zum anderen beinhaltet er die Konzeption und Ausgestaltung der Integration von unterstützenden Organisations- und Kollaborationsmethoden/-techniken. Diese unterstützen die Veranstaltenden dabei, Projektmanagements-, Kommunikations- und Kollaborationsfunktionalitäten in eine LLUA zu integrieren. Darüber hinaus erhalten die EntwicklerInnen einer LLUA Anweisungen, was bei der Auswahl von Diensten und Softwareanwendungen für die Organisation und Kollaboration zu beachten ist.

Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen

Die Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen unterstützt die EntwicklerInnen einer LLUA – also die VeranstalterInnen – dabei die Anforderungen an ihre LLUA zu definieren.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss den EntwicklerInnen einer LLUA eine Sammlung von Zielen und Herausforderungen bereitstellen, welche die VeranstalterInnen und Teilnehmenden in projektbasierten Lehrveranstaltungen beim Lehren und Lernen haben bzw. erfahren. Daraus soll sich ein einheitliches Vorgehen entwickeln, nach dem in jeder Iteration zur (Weiter-)Entwicklung einer LLUA (neue) Ziele und Herausforderungen übernommen, abgewandelt und erweitert werden können.

Nicht-funktionale Anforderungen Die erhobenen Ziele und Herausforderungen müssen aus der Realität abgeleitet sein.

Aufgrund der Komplexität und Vielfalt projektbasierter Lehrveranstaltungen und der beteiligten Personen, ist für die Sammlung kein Anspruch auf Vollständigkeit zu legen.

Die Sammlung der erhobenen Ziele und Herausforderungen muss eine einheitliche Struktur aufweisen. Dafür muss sie an der hier entwickelten systematischen Betrachtungsweise orientiert werden. Die Ziele und Herausforderungen sollen den identifizierten Entitäten zugeordnet werden. Diese auf einheitliche Weise formulierten Ziele und Herausforderungen sollen dazu dienen, bei jeder Iteration zur (Weiter-)Entwicklung einer LLUA (neue) Anforderungen ebenfalls auf eine einheitliche Weise zu definieren.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.13 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

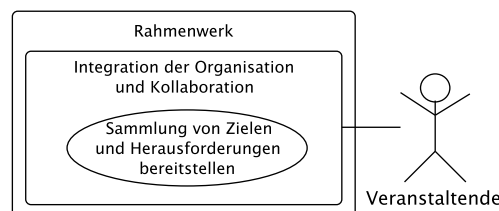


Abbildung 9.13: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration)

Die Definition der Anforderungen an eine LLUA im Kontext der Organisation und Kollaboration in projektbasierten Lehrveranstaltungen unterstützt die EntwicklerInnen einer LLUA – also die VeranstalterInnen – bei dem Entwurf und der Umsetzung ihrer LLUA.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss den EntwicklerInnen einer LLUA eine Sammlung von Anforderungen bereitstellen, die VeranstalterInnen und Teilnehmende an die

technische Umgebung beim Lehren und Lernen haben, damit diese in der Verfolgung ihrer Ziele und Bewältigung ihrer Herausforderungen bestmöglich unterstützt werden.

Nicht-funktionale Anforderungen Die herausgearbeiteten und definierten Anforderungen müssen aus zuvor erhobenen Zielen und Herausforderungen abgeleitet sein.

Die Sammlung der Anforderungen muss eine einheitliche Struktur aufweisen. Dafür muss sie der systematischen Betrachtungsweise folgen und die Anforderungen den identifizierten Entitäten zuordnen.

Aufgrund der Komplexität und Vielfalt projektbasierter Lehrveranstaltungen und der beteiligten Personen, ist auch für diese Sammlung kein Anspruch auf Vollständigkeit zu legen. Um in jeder Iteration die LLUA weiterzuentwickeln – also die Konzepte, den Entwurf und anschließend die Umsetzung zu überarbeiten – müssen die definierten Anforderungen an ggf. angepasste Ziele und Herausforderungen nach einem einheitlichen Vorgehen übernommen, abgewandelt und erweitert werden können.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.14 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

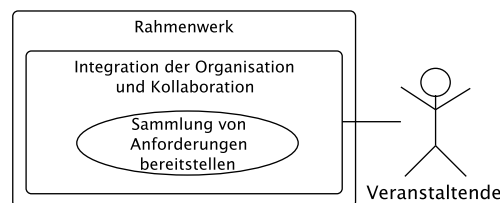


Abbildung 9.14: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration)“ modelliert als Use Case Diagramm.

Projektmanagement integrieren

Die hier definierten Anforderungen leiten sich aus den Gruppen von Anforderungen ab, die für die Bereiche *Planung & Durchführung* (s. 174) und *Kommunikation & Kollaboration* (s. 176) einer LLUA definiert wurden.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss dafür genutzt werden können, die Funktionalität der Verwaltung von Projekten in eine LLUA und eine projektbasierte Lehrveranstaltung zu integrieren. Damit wird der Bereich *Planung & Durchführung* einer LLUA und die innewohnende Gruppe von Anforderungen *Projekte planen und durchführen* adressiert.

In diesem Zuge muss zum einen die Möglichkeit für die Verwaltung von Aufgaben und Personen integriert werden. Zum anderen muss die Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien sowie die Dokumentation von Ergebnissen in die technische Umgebung integriert werden. Damit werden die Bereiche *Planung & Durchführung* und *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA und die ihnen innewohnenden Gruppen von Anforderungen *Projekte planen und durchführen* bzw. *Verteilt kommunizieren und kollaborieren* adressiert.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.15 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

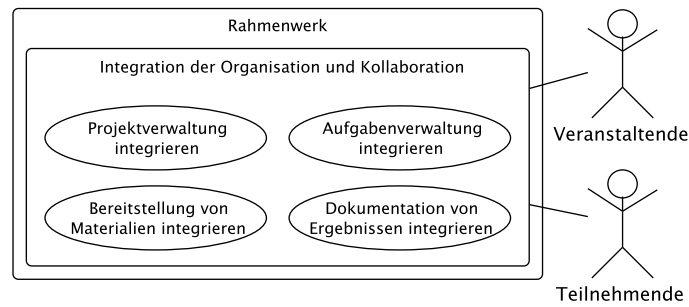


Abbildung 9.15: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Projektmanagement integrieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

Kommunikation und Kollaboration integrieren

Die hier definierten Anforderungen leiten sich aus der Gruppe von Anforderungen ab, die für den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* (s. 176) einer LLUA definiert wurden.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss auch dafür genutzt werden können, eine Kommunikationsinfrastruktur zu entwickeln und verteiltes kollaboratives Arbeiten zu ermöglichen.

Die Veranstalter müssen auf konzeptioneller Ebene, aber auch spezifisch bei der Auswahl und Integration unterschiedlicher Formen der Kommunikation unterstützt werden. Dabei ist außerdem auf den Austausch von Daten und das gemeinsame Arbeiten an Aufgaben und gleichen Artefakten einzugehen.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.16 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

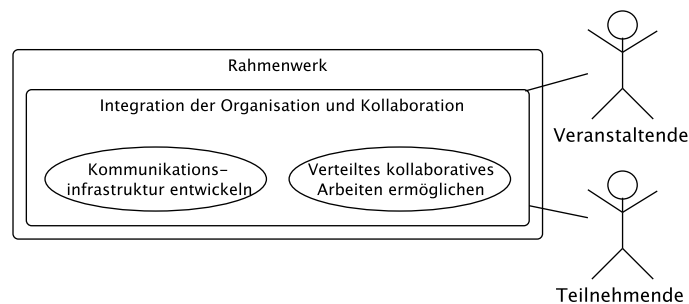


Abbildung 9.16: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Kommunikation und Kollaboration integrieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.3.4 Cluster: Unterstützung der Datenanalyse

Analog zu dem vorherigen Cluster, deckt auch dieses hauptsächlich zwei Bereiche ab. Auf der einen Seite beinhaltet es die Entwicklung und Definition der Anforderungen an eine LLUA für die Datenanalyse, die von den EntwicklerInnen einer LLUA übernommen

und/oder erweitert werden können. Auf der anderen Seite beinhaltet es die Konzeption und Ausgestaltung der Integration von Datenanalysetätigkeiten, -methoden und -techniken in projektbasierten Lehrveranstaltungen. Diese unterstützen die EntwicklerInnen u. a. dabei, die Analyse von Daten von der Aufzeichnung bis zur Nutzung der Analyseergebnisse in eine LLUA und eine projektbasierte Lehrveranstaltung zu integrieren. Des Weiteren werden die EntwicklerInnen einer LLUA darauf hingewiesen, worauf sie bei der Auswahl von Diensten und Softwareanwendungen für die Datenanalyse achten sollten. Aber auch die Personen, welche die Datenanalysen durchführen, werden von diesem Cluster in ihrem Vorgehen unterstützt.

Vorgehensmodell für die Datenanalyse entwickeln

Um im Kontext einer LLUA ein einheitliches Vorgehen bei der Datenanalyse zu etablieren, wird ein Vorgehensmodell (vgl. Seite 77 ff.) benötigt, welches einen konkreten Datenanalyseprozess für projektbasierte Lehrveranstaltungen vorschlägt. Das Vorgehensmodell soll nicht nur die Durchführung der Datenanalyse, sondern auch die Entwicklung des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA unterstützen, indem es als *Denkzeug* (s. Abschnitt 2.4.2; vgl. [Moldt 2005]) für den Autor dieser Arbeit zur strukturierten Einordnung und Präsentation von Agenten, Rollen, Zielen, Herausforderungen, Tätigkeiten und Anforderungen dient. Aus diesem Grund wurden Teile des Vorgehensmodells bereits in vorangegangenen Kapiteln im Hintergrund eingesetzt, wie z. B. zur „Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn“, zur „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ und zur „Definition der Anforderungen an eine Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“.

Funktionale Anforderungen Das Vorgehensmodell muss der Rolle DatenanalytikerIn eine ganzheitliche Beschreibung der Reihenfolge der Tätigkeiten zur Verfügung stellen, die bei der Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen durchzuführen sind. Es muss beschrieben werden, wie die Tätigkeiten und deren Resultate miteinander zusammenhängen und welche Rollen an diesen Tätigkeiten partizipieren (wie es bereits in Teilen bei der *Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen* beim Daten analysieren erfolgt ist). In diesem Zuge ist das soziale Netzwerk der beteiligten Rollen aufzuzeigen (s. Abbildung 6.8, S. 154), um den handelnden Agenten ihre KommunikationspartnerInnen sowie Datenquellen und -senken visuell darzustellen.

Die EntwicklerInnen einer LLUA – also u. a. die Veranstaltenden – und die Subrollen der DatenanalytikerIn müssen durch das Vorgehensmodell darin unterstützt werden, die bei der Datenanalyse eingesetzten Methoden, Techniken und Werkzeuge technische und praktisch miteinander zu integrieren, indem es diese im Prozess verortet und die Schnittstellen beschreibt. Dadurch muss ebenfalls der Autor dieser Arbeit unterstützt werden, um diese Zusammenhänge bei der iterativen Konzeption und Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks systematisch sowie bei der technischen Umsetzung der exemplarischen LLUA berücksichtigen zu können.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.17 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

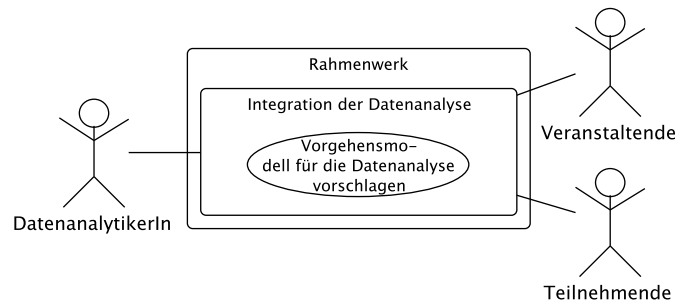


Abbildung 9.17: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Vorgehensmodell für die Datenanalyse entwickeln“ modelliert als Use Case Diagramm.

Definition der Ziele und Herausforderungen beim Daten analysieren

Die Definition der Ziele und Herausforderungen beim Daten analysieren unterstützt die EntwicklerInnen einer LLUA dabei, die Anforderungen an ihre LLUA zu definieren.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss den EntwicklerInnen einer LLUA eine Sammlung von Zielen und Herausforderungen bereitstellen, welche die Veranstaltenden und Teilnehmenden in projektbasierten Lehrveranstaltungen beim Daten analysieren haben bzw. erfahren.

Nicht-funktionale Anforderungen Die nicht-funktionalen Anforderungen dieser Gruppe sind die gleichen, wie die der Gruppe „Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen“ (S. 197) und werden hier nicht erneut aufgeführt.

Auch die Darstellung als Use Case Diagramm ist die gleiche, wie die der oben genannten Gruppe. Somit wird hier erneut auf dieses verwiesen (s. Abbildung 9.13).

Definition der Anforderungen an eine LLUA (Datenanalyse)

Die Definition der Anforderungen an eine LLUA im Kontext der Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen unterstützt die EntwicklerInnen einer LLUA bei dem Entwurf und der Umsetzung.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss den EntwicklerInnen einer LLUA eine Sammlung von Anforderungen bereitstellen, die Veranstaltende und Teilnehmende an die technische Umgebung beim Daten analysieren haben, damit diese sie in der Verfolgung ihrer Ziele und Bewältigung ihrer Herausforderungen bestmöglich unterstützt.

Nicht-funktionale Anforderungen Die nicht-funktionalen Anforderungen dieser Gruppe sind die gleichen, wie die der Gruppe „Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration)“ (S. 197) und werden hier nicht erneut aufgeführt.

Auch die Darstellung als Use Case Diagramm ist die gleiche, wie die der oben genannten Gruppe. Somit wird hier erneut auf dieses verwiesen (s. Abbildung 9.14).

Analysen auswählen

Wie bereits bei der Beschreibung der Gruppe von Anforderungen „Daten erheben und aufzeichnen“ (S. 178) erwähnt, ist das Spektrum der möglichen Analysen groß und hängt maßgeblich von den individuellen Zielen der Veranstaltenden und Teilnehmenden ab. Aus diesem Grund muss das Rahmenwerk die Veranstaltenden und Teilnehmenden (insbesondere in den Rollen LehrerIn, LernerIn, ProjektmanagerIn, VeranstaltungsentwicklerIn und PrüferIn) bei der Auswahl von Analysefragen unterstützen.

Funktionale Anforderungen Durch diesen Cluster muss konzeptionell aufgezeigt werden, welche Arten von Analysen in projektbasierten Lehrveranstaltungen gewinnbringend eingesetzt werden können. In diesem Zuge ist zu beschreiben, wonach analysiert werden kann und welche Voraussetzungen für diese Analysen erfüllt werden müssen. Zusätzlich müssen beispielhafte Ziele genannt und eine Entscheidungshilfe bereitgestellt werden, was die Veranstaltenden und Teilnehmenden zum Erreichen dieser Ziele analysieren sollten.

Spezifisch muss ein Katalog beispielhafter Analysefragen entwickelt werden.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.18 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

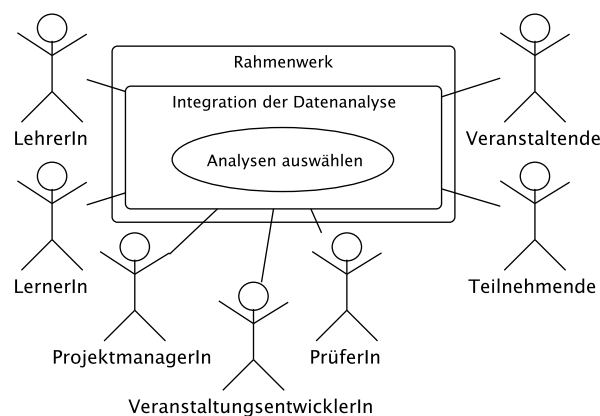


Abbildung 9.18: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Analysen auswählen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Datenaufzeichnung integrieren

Die hier definierten Anforderungen leiten sich aus der Gruppe von Anforderungen „Daten erheben und aufzeichnen“ (S. 178) ab, die für den Bereich *Analyse* (s. 177) einer LLUA definiert wurde.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss u. a. dafür genutzt werden können, eine Infrastruktur für die Aufzeichnung von Daten zu entwickeln und diese in eine projektbasierte Lehrveranstaltung zu integrieren.

Die Veranstaltenden (insbesondere in der Rolle der DatenverstherIn) müssen auf konzeptioneller Ebene, aber auch spezifisch bei der Auswahl und Integration unterschiedlicher

Formen der Aufzeichnung variierender Daten unterstützt werden. Dabei ist auf die unterschiedlichen Arten, Eigenschaften und Strukturen sowie Quellen von Daten einzugehen.

Des Weiteren müssen der DatenverstheherIn Hilfestellungen für die Definition und Kommunikation von Verhaltenskonventionen bereitgestellt werden, damit die beabsichtigten Daten tatsächlich (und möglichst korrekt) aufgezeichnet werden können.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.19 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

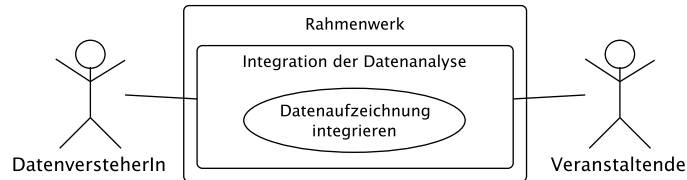


Abbildung 9.19: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Datenaufzeichnung integrieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

Datenvorverarbeitung und -sammlung integrieren

Diese Gruppe bezieht sich auf die folgenden Gruppen von Anforderungen, die an eine LLUA gestellt wurden: „ETL-Prozess durchführen“ (S. 179), „Daten pseudonymisieren und anonymisieren“ (S. 181), „Daten bereinigen“ (S. 183) und „Daten für Analysen bereitstellen“ (S. 184).

Funktionale Anforderungen Mit Hilfe dieses Clusters müssen die EntwicklerInnen einer LLUA die notwendigen Methoden und Werkzeuge der oben genannten Gruppen in eine LLUA und eine projektbasierte Lehrveranstaltung integrieren können.

In diesem Zusammenhang müssen die beiden unterschiedlichen Formen des Verarbeitungsprozesses, ETL und ELT (s. Seite 29), gegenübergestellt und erläutert werden, wieso im Kontext dieser Arbeit ein ETL-Prozess eingesetzt wird. Für die DatenintegratorIn müssen Möglichkeiten und Werkzeugarten vorgestellt werden. Des Weiteren muss begründet werden, welche davon aus welchem Grund im Kontext dieser Arbeit einen Vorrang haben.

Zur Wahrung des Datenschutzes und dem verantwortungsvollen Umgang mit Daten, muss für die DatenverstheherIn ein mögliches Vorgehen einer Risikoanalyse sowie die Pseudonymisierung und Anonymisierung beschrieben werden. Außerdem muss für die DatenintegratorIn beschrieben werden, welche Werkzeugarten dafür eingesetzt werden können und für welche Datenarten in Abhängigkeit zu den Analysefragen welches Verfahren sinnvoll einzusetzen ist. Gleiches gilt im Zusammenhang mit der Bereinigung von fehlerhaften oder stark abweichenden Daten.

Der DatenintegratorIn müssen für die Bereitstellung der Daten unterschiedliche Vorgehensweisen und Werkzeugarten erläutert werden. In diesem Zuge muss begründet werden, warum im Kontext dieser Arbeit welche Vorgehensweise und Werkzeugart genutzt wird.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.20 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

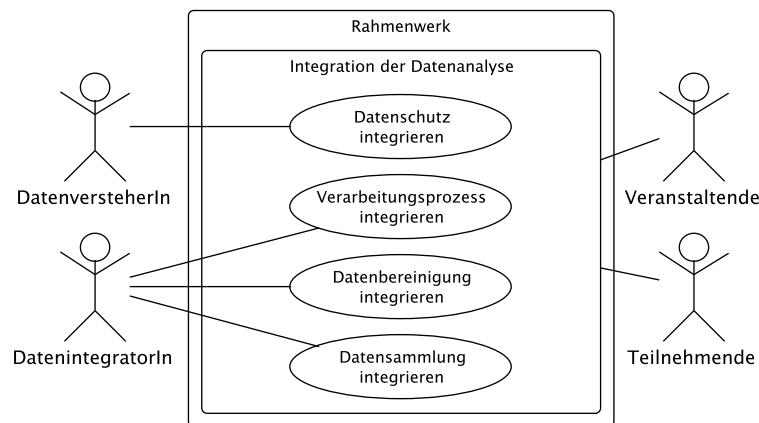


Abbildung 9.20: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Datenvorverarbeitung und -sammlung integrieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

Faktenanalysen integrieren & Verhaltensanalysen integrieren

Diese Gruppe greift die Anforderungen an eine LLUA auf, die für die beiden Gruppen „Faktenanalysen ermöglichen und durchführen & Verhaltensanalysen ermöglichen und durchführen“ (S. 186) definiert wurden. Da sich die Anforderungen an das Rahmenwerk für die Integration der Fakten- und Verhaltensanalyse in eine LLUA stark ähneln, werden diese beiden Gruppen hier gemeinsam beschrieben (wie bereits die beiden oben genannten Gruppen).

Funktionale Anforderungen Von diesem Cluster müssen den Veranstaltenden und Teilnehmenden (insbesondere in der Rolle der DatenanalytikerIn) Hilfestellungen zur Klassifizierung von Analysen und der Auswahl einer geeigneten Analysedisziplin und Modellierungstechniken bereitgestellt werden. Es muss begründet werden, warum die führenden Analysedisziplinen im Kontext dieser Arbeit *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) sind.

Die DatenanalytikerIn muss durch die Beschreibung von Beispielen darin unterstützt werden, welche Repräsentationsformen sich wofür anbieten und welche Arten von Werkzeugen sie für unterschiedliche Analysen einsetzen sollte. In diesem Zuge müssen verschiedene Arten von Werkzeugen für die Anwendung der Analysedisziplinen einander gegenübergestellt, ausgewählt und in den Datenanalyseprozess integriert werden. Des Weiteren muss begründet werden, wieso sich die ausgewählten Werkzeuge im Kontext dieser Arbeit durchgesetzt haben.

Um die Identitäten und Persönlichkeitsrechte der einzelnen zu schützen, bedarf es, trotz einer gewissenhaften Pseudonymisierung und Anonymisierung, einer Sensibilisierung der Agenten. Besonders im Rahmen der Analyse und Visualisierung der Daten muss dieser Cluster ausdrücklich darauf hinweisen, dass „Versuche Pseudonyme z. B. durch die Kombination von Meta-Daten aufzuschlüsseln [...] nicht gestattet [sind]“ [Seite 168]. Außerdem müssen die Agenten dazu angehalten werden, „Daten, welche fälschlicherweise die UrheberInnen offenbaren“ [Seite 168] unverzüglich zu melden und diese nicht für Analysen zu verwenden.

Diese thematischen Gruppen an Anforderungen sind in Abbildung 9.21 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

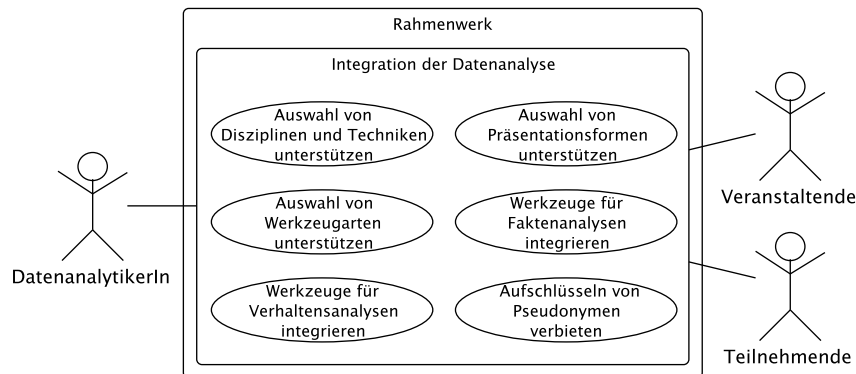


Abbildung 9.21: Die thematischen Gruppen von Anforderungen „Faktenanalysen integrieren“ und „Verhaltensanalysen integrieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

Interpretation, Kommunikation und Nutzen der Analysen integrieren

Diese Gruppe bezieht sich auf die Gruppen der Anforderungen „Analysen evaluieren und nutzen“ (S. 188) und „Verhalten reflektieren“ (S. 189).

Funktionale Anforderungen Den Veranstaltenden und Teilnehmenden (insbesondere in der Rolle der AnalyseevaluatorIn) muss ein Vorgehen für die Interpretation der analysierten Daten vorgeschlagen werden. In diesem Zusammenhang muss auf die Bewertung der Qualität eingegangen werden. Es muss auf die Unterschiede und die Relevanz hingewiesen werden, wer die Analysen wann (zu welchem Zeitpunkt) interpretiert.

Den Veranstaltenden und Teilnehmenden (AnalyseanwenderIn) müssen unterschiedliche Vorgehensweisen für die Kommunikation der Analysen und Interpretationen vorgeschlagen werden. Es muss beschrieben werden, wann sich welches Vorgehen eignet. Auch hier sind die Unterschiede und die Relevanz aufzuzeigen, wer, wann, wem die Analysen und Interpretationen wie kommuniziert.

Zusätzlich müssen den Veranstaltenden und Teilnehmenden Hinweise für den Reflexionsprozess geboten werden, welcher auf den durchgeführten Analysen und Interpretationen basiert. Dabei ist darauf einzugehen, welche Auswirkungen daraus resultieren, wer an dem Reflexionsprozess beteiligt ist und zu welchem Zeitpunkt dieser durchgeführt wird. Es muss erörtert werden, in welchen Fällen sich welche Beteiligten und Zeitpunkte eignen.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.22 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

Dokumentation der Analyse- und Reflexionsprozesse integrieren

Diese Gruppe adressiert die Gruppe an Anforderungen „Analyse- und Reflexionsprozess dokumentieren“ (S. 191), die für eine LLUA definiert wurden. Wie bereits in der zuvor

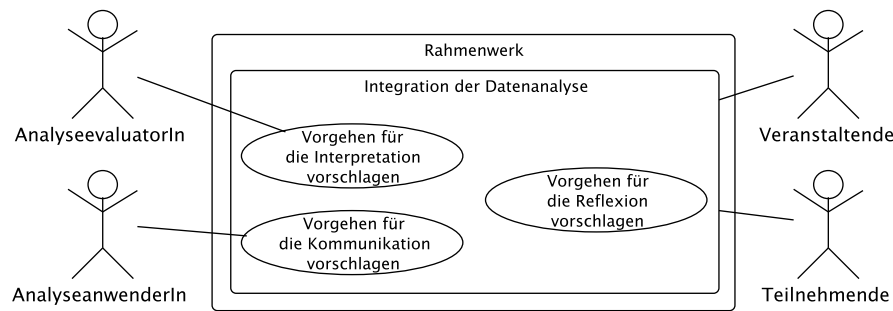


Abbildung 9.22: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Interpretation, Kommunikation und Nutzen der Analysen integrieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

genannten Gruppe beschrieben, sollten alle Subrollen der AnalytikerIn an der Dokumentation mitwirken. Aus diesem Grund werden auch hier die Rollen nicht einzeln angeführt.

Funktionale Anforderungen Den Veranstaltenden und Teilnehmenden müssen unterschiedliche Formen der Dokumentation vorgestellt werden, dies beinhaltet eine Erläuterung, wofür sich diese Arten einsetzen lassen.

Es muss beschrieben werden, wie die Dokumentationen im Rahmen der Analyse- und Reflexionsprozesse eingesetzt werden sollten und welche Möglichkeiten und Werkzeugarten es dafür gibt. Die zu nutzenden Möglichkeiten und Werkzeugarten müssen vom Rahmenwerk in eine LLUA und in eine projektbasierte Lehrveranstaltung integriert werden.

Um die Veranstaltenden und Teilnehmenden in einer einheitlichen und transparenten Dokumentation zu unterstützen, muss ein Schema bereitgestellt werden, welches beide Prozesse abdeckt, deren Verknüpfung zulässt und den Verweis auf etwaige technische Artefakte ermöglicht.

Die Dokumentation muss in die Analyse- und Reflexionsprozesse integriert werden, so dass diese simultan und nicht erst nach Abschluss der Prozesse erfolgen kann.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.23 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

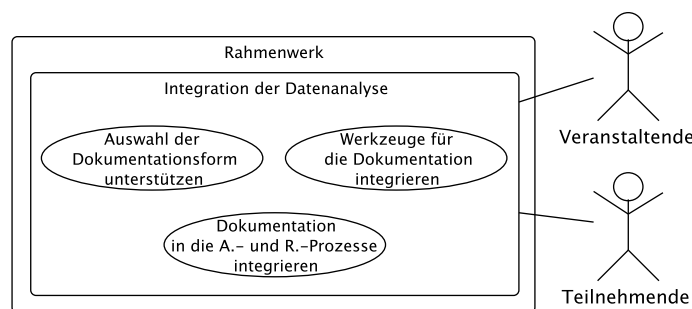


Abbildung 9.23: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Dokumentation der Analyse- und Reflexionsprozesse integrieren“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.3.5 Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA

Durch diesen Cluster werden die Veranstaltenden und Teilnehmenden bei der technischen Entwicklung und dem Betrieb einer LLUA in einer projektbasierten Lehrveranstaltung unterstützt. Zu diesem Zweck sollen die Installation, Konfiguration, Integration, Kopplung und Wartung beschrieben werden. Dies soll auf der einen Seite abstrakt erfolgen, damit die benutzenden Personen des Rahmenwerks nicht in der Wahl der eingesetzten Dienste und Softwareanwendungen eingeschränkt werden. Auf der anderen Seite wird den benutzenden Personen jedoch angeboten, die im Kontext dieser Arbeit exemplarisch entwickelte LLUA zu übernehmen und in ihrer individuellen Umgebung aufzusetzen und zu nutzen. Zu diesem Zweck sollen konkrete Anleitungen und benötigte technische Artefakte zusammengestellt werden, um das Aufsetzen und die Inbetriebnahme möglichst einfach zu gestalten und somit eine Erprobung mit der exemplarischen LLUA zu ermöglichen.

Definition der Ziele und Herausforderungen beim Ausgestalten und Betreiben einer LLUA

Die Definition der Ziele und Herausforderungen beim Ausgestalten und Betreiben unterstützt die EntwicklerInnen einer LLUA dabei, die Anforderungen an die Installation, Konfiguration und Wartung ihrer LLUA zu definieren.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss den EntwicklerInnen einer LLUA eine Sammlung von Zielen und Herausforderungen bereitstellen, welche die Veranstaltenden und Teilnehmenden in projektbasierten Lehrveranstaltungen beim Ausgestalten, Installieren, Konfigurieren und Warten der einzelnen Komponenten einer LLUA haben bzw. erfahren.

Nicht-funktionale Anforderungen Die nicht-funktionalen Anforderungen dieser Gruppe sind die gleichen, wie die der Gruppe „Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen“ (S. 197) und werden hier nicht erneut aufgeführt.

Auch die Darstellung als Use Case Diagramm ist die gleiche, wie die der oben genannten Gruppe. Somit wird hier erneut auf dieses verwiesen (s. Abbildung 9.13).

Definition der Anforderungen an eine LLUA (Betrieb)

Die Definition der Anforderungen an eine LLUA im Kontext des Betriebs in projektbasierten Lehrveranstaltungen unterstützt die EntwicklerInnen einer LLUA bei der Installation, Konfiguration und Wartung der einzelnen Komponenten einer LLUA.

Funktionale Anforderungen Dieser Cluster muss den EntwicklerInnen einer LLUA eine Sammlung von Anforderungen bereitstellen, die Veranstaltende und Teilnehmende an die technische Umgebung beim Installieren, Konfigurieren und Warten einer LLUA haben.

Nicht-funktionale Anforderungen Die nicht-funktionalen Anforderungen dieser Gruppe sind die gleichen, wie die der Gruppe „Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration)“ (S. 197) und werden hier nicht erneut aufgeführt.

Auch die Darstellung als Use Case Diagramm ist die gleiche, wie die der oben genannten Gruppe. Somit wird hier erneut auf dieses verwiesen (s. Abbildung 9.14).

Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen

Die drei Bereiche Installation, Konfiguration und Wartung fallen alle in den Aufgabenbereich der Rolle AdministratorIn. Somit werden mit dieser Gruppe an Anforderungen einige ihrer Ziele und Herausforderungen adressiert.

Funktionale Anforderungen Der AdministratorIn müssen von diesem Cluster Vorschläge gemacht werden, wie die Installation erfolgen kann. Dies beinhaltet sowohl die Reihenfolge als auch Beispiele, welche der lokal bereits verfügbaren Dienste (z. B. innerhalb der universitären Infrastruktur) genutzt und integriert werden könnten. Außerdem muss darauf hingewiesen werden, welche technische Infrastruktur für unterschiedliche Arten der Nutzung von Diensten und Softwareanwendungen bereitstehen sollte, welche Möglichkeiten es gibt, Dienste und Softwareanwendungen zu konfigurieren und wie sich die Wartung prinzipiell gestalten lässt.

In Bezug auf die exemplarische LLUA müssen konkrete technische und infrastrukturelle Voraussetzungen beschrieben, Anleitung zur Installation, Konfiguration und Wartung der Dienste und Softwareanwendungen sowie technische Artefakte (z. B. Konfigurationsdateien und hilfreiche Skripte) aufbereitet und bereitgestellt werden.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.24 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

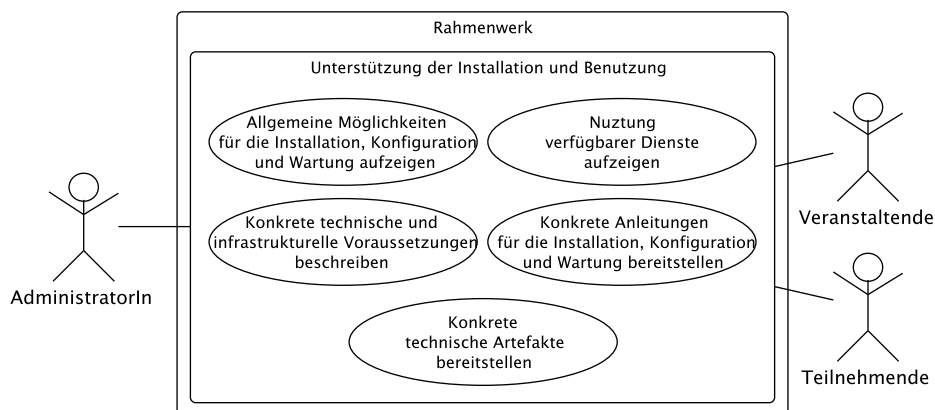


Abbildung 9.24: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Technische Kopplung und Integration der Dienste und Softwareanwendungen unterstützen

Die Aufgabenbereiche der technischen Integration sind der Rolle AdministratorIn zuzuschreiben. Somit werden auch mit dieser Gruppe an Anforderungen einige ihrer Ziele und Herausforderungen adressiert.

Funktionale Anforderungen Der AdministratorIn müssen unterschiedliche Formen der Kopplung und Integration von Diensten und Softwareanwendungen beschrieben werden. Es muss erläutert werden, welche Anforderungen von Diensten und Softwareanwendungen erfüllt werden müssen, damit diese miteinander gekoppelt bzw. integriert werden können und inwiefern dies die Entscheidung für konkrete Dienste und Softwareanwendungen beeinflussen sollte.

Für die exemplarische LLUA müssen Anleitungen ggf. technische Artefakte bereitgestellt werden, wie die konkret ausgewählten Dienste und Softwareanwendungen miteinander zu koppeln bzw. zu integrieren sind und wie dies umgesetzt werden kann.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.25 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

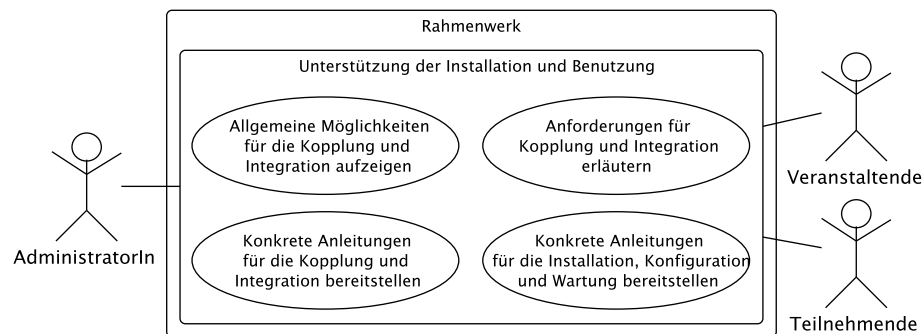


Abbildung 9.25: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Technische Kopplung und Integration der Dienste und Softwareanwendungen unterstützen“ modelliert als Use Case Diagramm.

Eine LLUA ausgestalten und einsetzen

Dieser Cluster beinhaltet außerdem Beschreibungen und Anregungen für die VeranstalterIn und Teilnehmenden, wofür eine LLUA in einer projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt und benutzt werden kann.

Funktionale Anforderungen Zunächst muss die konzeptionelle LLUA und das Zusammenspiel ihrer Komponenten beschrieben werden.

Am Beispiel der exemplarischen LLUA muss das Zusammenspiel der einzelnen Dienste und Softwareanwendungen beschrieben werden, sodass VeranstalterIn und Teilnehmende eine solche LLUA selbst einsetzen und benutzen könnten. Diese Inhalte müssen die Erfahrungen des Autors sowie der VeranstalterIn und Teilnehmenden widerspiegeln, welche die exemplarische LLUA in projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt haben. Zusätzlich müssen offizielle Administrations- und Benutzungsdokumentationen der Dienste und Softwareanwendungen zusammengestellt werden, die für die exemplarische LLUA ausgewählt wurden. Es muss darauf eingegangen werden, wie die einzelnen Dienste und Softwareanwendungen in den gesamten Datenanalyseprozess integriert sind, wie sie genutzt werden können und worauf bei der Nutzung geachtet werden muss.

Durch die Schilderung der Benutzung anhand der exemplarischen LLUA sollen die Veranstaltenden und Teilnehmenden außerdem Anregungen erhalten, wofür sie ihre individuelle LLUA einsetzen und benutzen könnten.

Diese thematische Gruppe an Anforderungen ist in Abbildung 9.26 in Form eines Use Case Diagramms dargestellt.

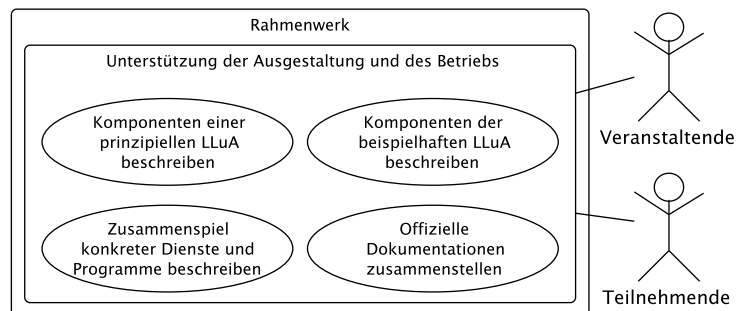


Abbildung 9.26: Die thematische Gruppe von Anforderungen „Eine LLUA ausgestalten und einsetzen“ modelliert als Use Case Diagramm.

9.4 Zusammenfassung

Aus den zuvor erhobenen Zielen und Herausforderungen, den angefertigten Skizzen und den definierten Rahmenbedingungen wurden Anforderungen abgeleitet und definiert, welche eine LLUA und das Rahmenwerk zu erfüllen haben.

Um eine Bündelung der funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen vorzunehmen, wurden diese zu thematischen Gruppen zusammengefasst, welche den Bereichen einer LLUA bzw. den Clustern des Rahmenwerks zugeordnet wurden (s. Tabelle 9.1 und 9.2). Zusätzlich wurden weitere nicht-funktionale Anforderungen definiert, welche die Bereiche einer LLUA bzw. die Cluster des Rahmenwerks überspannen. Diese wurden als konzeptionelle, technische und ethische Anforderungen sowie als Anforderungen an die Benutzbarkeit, Portierbarkeit, Umsetzung und den Datenschutz definiert.

Die hier definierten Anforderungen werden in den folgenden Kapiteln explizit adressiert, indem das Rahmenwerk und eine konzeptionelle sowie eine konkrete – die exemplarische – LLUA ausgearbeitet werden.

Tabelle 9.1: Übersicht der an eine LLUA gestellten thematischen Gruppen von Anforderungen.

Bereich	Anforderung(en)
Planung & Durchführung	• Projekte planen und durchführen
Kommunikation & Kollaboration	• Verteilt kommunizieren und kollaborieren

Analyse	• Daten erheben und aufzeichnen • ETL-Prozess durchführen • Daten pseudonymisieren und anonymisieren • Daten bereinigen • Daten für Analysen bereitstellen • Faktenanalysen ermöglichen und durchführen & Verhaltensanalysen ermöglichen und durchführen • Analyse- und Reflexionsprozess dokumentieren
Reflexion	• Analysen evaluieren und nutzen • Verhalten reflektieren • Analyse- und Reflexionsprozess dokumentieren

Tabelle 9.2: Übersicht der an das LLUA-Rahmenwerk gestellten thematischen Gruppen von Anforderungen.

Cluster	Anforderung(en)
Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen	• Systematische Betrachtungsweise bereitstellen
Unterstützung der Organisation und Kollaboration	• Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen • Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration) • Projektmanagement integrieren • Kommunikation und Kollaboration integrieren
Unterstützung der Datenanalyse	• Vorgehensmodell für die Datenanalyse entwickeln • Definition der Ziele und Herausforderungen beim Daten analysieren • Definition der Anforderungen an eine LLUA (Datenanalyse) • Analysen auswählen • Datenaufzeichnung integrieren • Datenvorverarbeitung und -sammlung integrieren • Faktenanalysen integrieren & Verhaltensanalysen integrieren • Interpretation, Kommunikation und Nutzen der Analysen integrieren • Dokumentation der Analyse- und Reflexionsprozesse integrieren

Unterstützung der
Entwicklung und des
Betriebs einer LLUA

- Definition der Ziele und Herausforderungen beim Ausgestalten und Betreiben einer LLUA
 - Definition der Anforderungen an eine LLUA (Betrieb)
 - Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen
 - Technische Kopplung und Integration der Dienste und Softwareanwendungen unterstützen
 - Eine LLUA ausgestalten und einsetzen
-

10 Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die grundlegenden Ideen und die Struktur des Rahmenwerks auf oberster Ebene bereits beschrieben. Es wurde definiert, welche Anforderungen es erfüllen muss und wozu es eingesetzt werden kann. Somit sind das grobe Konzept, die Struktur und Inhalte des Rahmenwerks bereits vorgezeichnet (s. „Skizzierung der zentralen Konzepte des Rahmenwerks“ (S. 159), „Definition der Anforderungen an das Rahmenwerk“ (S. 193)). In diesem Kapitel wird damit begonnen, diese Vorlage mit konkreten Inhalten auszufüllen.

Zu diesem Zweck wird die Struktur ausgearbeitet und es werden konkrete Ideen sowie Inhalte diskutiert, die ihren Weg in das Rahmenwerk finden sollen. Die Richtung wird von den Forschungsfragen dieser Arbeit (s. Abschnitt 4.1) und von den an eine LLUA bzw. an das Rahmenwerk definierten Anforderungen (s. Abschnitt 9.2, Abschnitt 9.3) vorgegeben (vgl. „Wechselwirkungen des Rahmenwerks und der LLUA“ (S. 164)). Diese werden als Grundlage für die explizite Herleitung und Begründung verwendet, was durch das Rahmenwerk unterstützt wird. Die aufgestellten Hypothesen (s. Abschnitt 4.2) beeinflussen vorrangig die konkrete Ausprägung der Inhalte des Rahmenwerks und werden somit erst in Kapitel 12 aufgegriffen.

Wie bereits in Abschnitt „Wechselwirkungen des Rahmenwerks und der LLUA“ (S. 164) beschrieben, definiert das Rahmenwerk die Anforderungen für eine LLUA und gibt deren Konzepte und Ausprägung vor. Die Konzeption des Rahmenwerks beeinflusst somit nicht nur die Spezifikation einer LLUA, sondern beinhaltet diese auch. Mit anderen Worten, bei der Konzeption des Rahmenwerks wird (in diesem Kapitel) indirekt eine LLUA mit spezifiziert und begründet, warum eine solche, vor dem Hintergrund projektbasierter Lehrveranstaltungen, genau diese Unterstützungen anbieten sollte. Zur Begründung dieser Entscheidungen werden die gesammelten Erfahrungen bei der Erprobung des Rahmenwerks und der LLUA sowie Quellen aus der Literatur herangezogen.

Zur Übersicht wird in dem folgenden Abschnitt zunächst die Architektur des Rahmenwerks auf der Ebene der Cluster und deren Gliederung in Module sowie Komponenten erläutert. Die restlichen Abschnitte dieses Kapitels widmen sich jeweils einem der Cluster und ihren Modulen.

10.1 Architekturelle Gestaltung des Rahmenwerks: Die Cluster

Die Elemente auf oberster Ebene des Rahmenwerks werden als Cluster bezeichnet. Diese wurden bereits in dem Abschnitt „Skizzierung der zentralen Konzepte des Rahmenwerks“ (S. 159) grob beschrieben und während der Herausarbeitung und „Definition der Anforderungen an das Rahmenwerk“ (S. 193) zur Einordnung der Anforderungen benutzt. Hinzu kommen in diesem Kapitel Module, die jeden Cluster in feinere Einheiten gliedern. Jedes Modul kann außerdem Komponenten beinhalten. Dargestellt ist diese Schachtelung in Abbildung 10.1.

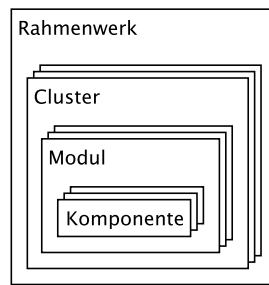


Abbildung 10.1: Die Schachtelung der einzelnen Elemente des LLUA-Rahmenwerks.

Die geschickte Zusammenstellung der Cluster und Module unterstützt die Erweiterbarkeit des Rahmenwerks und ermöglicht es, den Benutzenden des Rahmenwerks, z. B. durch die Nicht-Nutzung einiger Module oder sogar Cluster, Themenbereiche auszusparen oder diese erst sukzessive in ihre LLUA und projektbasierte Lehrveranstaltung zu integrieren – je nach individuellen Gegebenheiten, Zielen und Anforderungen. Dadurch werden Veranstaltenden z. B. darin gefördert, ihre vorhandene technische Umgebung, die bereits Projektmanagementfähigkeiten aufweist und Daten aufzeichnet, lediglich um die Unterstützung der Datenanalyse zu erweitern.

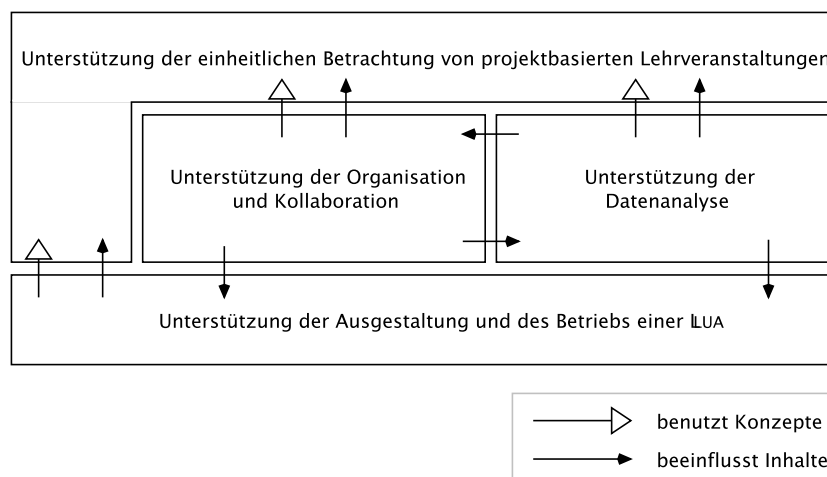


Abbildung 10.2: Übersicht der Architektur des LLUA-Rahmenwerks auf der Ebene der Cluster. Dargestellt sind ihre Nutzungs- und Einflussbeziehungen.

In Abbildung 10.2 sind die vier Cluster schematisch dargestellt. Der Cluster *Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen* wird von den drei anderen Clustern benutzt, indem diese die systematische Betrachtung übernehmen und verwenden. Zusätzlich werden zwar nicht seine grundlegenden Konzepte von den anderen drei Clustern beeinflusst, jedoch die konkreten Inhalte, nämlich für welche Szenarien es Modelle in welcher Ausprägung bereitstellen muss (hier die Lehre und das Lernen sowie die Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen). Die beiden Cluster *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* und *Unterstützung der Datenanalyse* stehen nebeneinander und beeinflussen ihre Inhalte wechselseitig. Zum Beispiel bildet die

Umgebung für die Organisation und Kollaboration auf der einen Seite eine Grundlage für die Daten, die prinzipiell aufgezeichnet werden können. Auf der anderen Seite kann diese Umgebung bei aufkommenden Analysevorhaben, die mit der aktuellen Datenbasis nicht erreicht werden können, angepasst werden. Außerdem beeinflussen beide den Cluster *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA*, indem sie dessen Inhalte auf oberster Ebene vorgeben, da von diesem die Installation und Nutzung der beiden (integrierten/gekoppelten) Umgebungen unterstützt werden.

In dieser Arbeit wurde bereits Gebrauch davon gemacht, realweltliche Systeme unter der Perspektive von Multiagentensystem (MAS) zu betrachten und als solche abzubilden. Eingeführt wurde dies zur „Förderung der systematischen Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen“ (S. 105) und wird in Abschnitt 10.2 fortgeführt. Diese Perspektive wird sich ebenfalls im Folgenden zur Konzeption und Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks sowie der LLUA zunutze gemacht.

Beginnend auf der Ebene der Cluster, wird jeder Cluster als Plattform¹ betrachtet. Die Module eines Clusters sind dann Agenten innerhalb dieser Plattform. Das Rahmenwerk bildet in dieser Perspektive die Infrastruktur für die Plattformen. An jede Plattform werden Anforderungen gestellt, die sie durch die Realisierung einzelner Agenten und deren angebotenen Dienste (sowie ggf. durch die Kollaboration mit anderen Plattformen) zu erfüllen hat. Übertragen bedeutet dies, dass jeder Cluster des Rahmenwerks auf konzeptioneller Ebene Agenten beinhaltet, welche die Anforderungen, welche in Abschnitt 9.3 definiert wurden, durch ihre Dienste erfüllen. In Abbildung 10.3 ist diese konzeptionelle, strukturelle Abbildung eines Multiagentensystems (MAS) auf das Rahmenwerk grafisch dargestellt.

Die bisherigen Überlegungen werden von dem folgenden Sachverhalt ergänzt: Jeder Agent kann im Innern ebenfalls eine Plattform für weitere Agenten sein. Dadurch lässt sich die Schachtelung von Plattformen und Agenten über die Hierarchie des Rahmenwerks beliebig nach unten oder oben verschieben – je nach Granularität der Perspektive. Somit können die eben noch als Agenten bezeichneten Module selbst eine Plattform sein, die mehrere Agenten (Komponenten) beinhaltet. Ein Cluster wird dann im übertragenen Sinne zu einer Plattform von Plattformen, während es aus seiner Perspektive weiterhin *nur* Agenten beinhaltet. Eine Ebene höher in der Hierarchie kann auch das Rahmenwerk als Plattform betrachtet werden, das wiederum im übertragenen Sinne Plattformen von Plattformen enthält.

Diese Verschiebung der Granularität kann weit geführt werden. Im Kontext dieser Arbeit soll sich damit begnügt werden, dass die größte Granularität als *das Rahmenwerk ist eine Plattform* (die Umgebung bildet die Infrastruktur) und die feinste als *Module enthalten Agenten* (die Cluster bilden die jeweiligen Infrastrukturen) definiert ist.

10.2 Cluster: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen

Die Anforderungen an diesen Cluster wurden in Abschnitt 4.4 grob und in Abschnitt 9.3.2 detailliert beschrieben. Hier werden die Aufgaben und die Mittel für diesen Cluster konzipiert, die in der Ausgestaltung der Inhalte benutzt und konkret angewendet werden. Dieser

¹Zur Erinnerung: Die geschachtelten Ebenen sind Infrastruktur, Plattform und Agent.

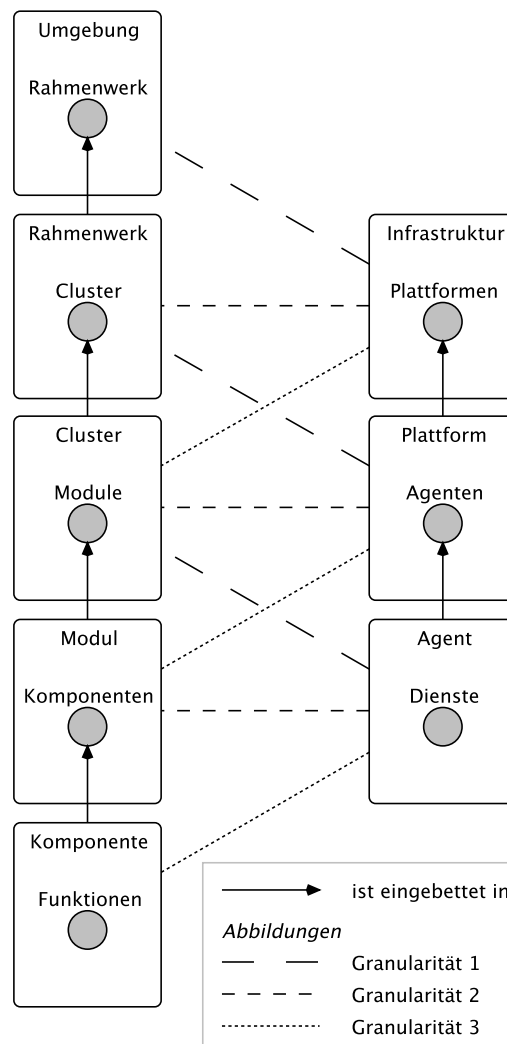


Abbildung 10.3: Konzeptionelle Abbildung des LLUA-Rahmenwerks auf Multiagentensysteme.

Cluster wird in die beiden Module „Betrachtung einer Lehrveranstaltung als Projekt“ und „Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme“ gegliedert.

10.2.1 Modul: Betrachtung einer Lehrveranstaltung als Projekt

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Systematische Betrachtungsweise bereitstellen“ (S. 195)

In diesem Unterabschnitt wird hergeleitet, dass die in dieser Arbeit betrachteten Lehrveranstaltungen (s. Abschnitt 2.6) ähnliche Charakteristika (s. Abschnitt 2.2.1) aufweisen, wie Projekte in der Wirtschaft, der Wissenschaft und Behörden im Kontext der Informatik (vgl. [Molinari 2021a]).

Die Bedingungen einer (projektbasierten) Lehrveranstaltung sind auch bei mehrfacher Durchführung einmalig, da sich etwaige Parameter, im Vergleich zu den ggf. letzten Durchführungen, geändert haben können. Zum Beispiel die vermittelten Inhalte sowie ihr Forschungsstand, die Anzahl der Veranstaltenden und Teilnehmenden sowie die Personen selbst oder der Wissensstand und die Fähigkeiten der Personen. Im Rahmen des PAOSE-Ansatzes wird eine Form des organisationalen Lernens angestrebt, indem die Teilnehmenden mehrfach teilnehmen und auf diese Weise ihr Wissen in nachfolgenden Lehrveranstaltungen weitergeben können.

Abstrakt betrachtet, hat eine Lehrveranstaltung die Zielvorgabe, dass die Teilnehmenden die jeweiligen Lerninhalte erlernen sollen.

Ihr zeitlicher Anfang und ihr Ende werden meistens durch die Länge des oder ggf. der Semester bestimmt.

Sie unterliegt i. d. R. einigen Begrenzungen, wie z. B. personelle Gegebenheiten (Anzahl der Veranstaltenden und Teilnehmenden), zur Verfügung stehende Ressourcen und ggf. finanzielle Einschränkungen.

In Abhängigkeit der zu vermittelnden Inhalte, personellen Gegebenheiten, Anzahl der Teilnehmenden und gewählten Lehr- und Lernkonzepten, wird eine individuelle projektspezifische Organisation etabliert.

10.2.2 Abbildung des komplexen Systems „projektbasierte Lehrveranstaltung“ auf ein Modell

Um die Entwicklung und die Nutzung des Rahmenwerks sowie die Veranstaltenden und Teilnehmenden bei der Planung und Durchführung von projektbasierten Lehrveranstaltungen zu unterstützen, hat sich während dieses Forschungsprojekts gezeigt, dass ein einheitliches Verständnis des Kosmos *projektbasierte Lehrveranstaltung* hilfreich ist. Um dieses Verständnis zu fördern, soll das komplexe System projektbasierte Lehrveranstaltung auf ein Modell abgebildet werden, das seine zentralen Aspekte enthält und explizit darzustellen erlaubt. In diesem Unterabschnitt werden Ideen und Überlegungen präsentiert, die sich mit dieser Abbildung befassen.

Akteure und Auslöser

Im Zentrum einer Lehrveranstaltung stehen im Verständnis dieser Arbeit die Personen – also die Veranstaltenden und Teilnehmenden. Diese befinden sich in dem System Lehrveranstaltung und sind dort nicht nur von den anderen Personen umgeben, sondern z. B. auch von den Lerninhalten und Lernmaterialien sowie der technischen Umgebung. Es gibt also Personen und Sachen bzw. unabhängige Akteure, die sowohl technischer als auch menschlicher Natur sein können.

Diese Akteure weisen ein Verhalten auf, das durch die Verfolgung ihrer individuellen Ziele getrieben wird und von unterschiedlichen Strategien geprägt ist, um diese Ziele zu erreichen. Ihre Ziele entspringen jedoch nicht nur persönlichen Interessen, sondern auch den Verantwortlichkeiten und Aufgaben, die sie in Abhängigkeit ihrer eingenommenen Rollen im Kontext der Lehrveranstaltung übernehmen. So hat eine veranstaltende Person offensichtlich andere oder weitere Ziele als eine teilnehmende Person, und verfolgt womöglich andere Strategien, weil ihr andere Möglichkeiten zur Verfügung stehen.

In der Theorie komplexer Systeme werden Auslöser benötigt, die dazu führen, dass das System aus einem ruhenden in einen aktiven Zustand übergeht [McMenamin und Palmer 1984]. In [Hammer und Champy 1994]² stellen die Autoren einen prozessorientierten Ansatz vor, bei welchem ein definierter Auslöser bestimmte Prozesse anstößt. Der Autor von [Moldt 1996] beschreibt, dass dies bei näherer Betrachtung als „Weiterentwicklung des ereignisgesteuerten Ansatzes“ [Moldt 1996, S. 123] von [McMenamin und Palmer 1984] zusehen ist.

Auch in projektbasierten Lehrveranstaltungen lassen sich Auslöser identifizieren, welche die Entitäten bzw. die Akteure dazu veranlassen, Handlungen zu vollziehen. Diese können z. B. der Beginn oder das Ende des Semesters, Abgabefristen, eine übertragene Aufgabe und Verantwortlichkeit oder die Kontaktaufnahme eines anderen Akteurs sein. Auslöser lassen sich i. d. R. auch auf detaillierteren Abstraktionsebenen identifizieren. Der Detailgrad hängt dabei vom Umfang des betrachteten Prozesses ab, dessen Ausführung durch einen Auslöser angestoßen wird. So existieren z. B. auch innerhalb eines Termins, der durch einen Auslöser angestoßen wurde und als Prozess betrachtet wird, weitere Subprozesse, wie z. B. die Diskussion einzelner Themenbereiche. Diese wurden wiederum von eigenen Auslösern angestoßen.

Ausgewählte Vorarbeiten des Autors

In [Schmitz u. a. 2016] schildert der Autor dieser Arbeit zusammen mit anderen, wie sich mit Hilfe von Workflownetzen (s. Seite 39) Strategien zur Bearbeitung von Aufgabenblättern innerhalb einer projektbasierten Lehrveranstaltung modellieren lassen. Basierend auf diesen Workflownetzen können die Aufgabenblätter angepasst werden, sodass die Teilnehmenden *prozessorientierte Aufgabenblätter* erhalten, welche sie strukturiert bearbeiten können.

In einer weiteren Veröffentlichung des Autors dieser Arbeit beschreibt dieser gemeinsam mit Daniel Moldt, einige Lehr- und Lernkonzepte für projektbasierte Lehrveranstaltungen und deren beobachteten Effekten [Schmitz und Moldt 2018]. Diese Konzepte beinhalten Vorschläge für das allgemeine Vorgehen, also Strategien, wie bestimmte Ziele erreicht werden können.

In projektbasierten Lehrveranstaltungen ist es üblich, dass die Personen zu Gruppen zusammengefasst werden, denen bestimmte Verantwortungen und Aufgaben übertragen werden (s. Seite 14). Die Personen müssen sich sowohl innerhalb der Gruppe koordinieren als auch die Gruppen untereinander. Um eine solche Koordination zu unterstützen, hat der Autor dieser Arbeit gemeinsam mit anderen in [Schmitz u. a. 2018] die Idee vorgeschlagen, zur Modellierung auf der Ebene der Personen Kausalnetze [Jessen und Valk 1987] zu nutzen und diese zur Kommunikation untereinander mit synchronen Kanälen [Søren Christensen und Hansen 1992] zu erweitern. Aus den erweiterten Kausalnetzen auf der Ebene der Personen, wird dann zunächst ein Kausalnetz für die Gruppe aggregiert. Im nächsten Schritt können diese Gruppen-Kausalnetze ebenfalls aggregiert werden, sodass ein zusammenhängendes Kausalnetz entsteht, welches das Verhalten aller Gruppen abbildet. Durch die Darstellung mittels Kausalnetzen lässt sich die Zyklenfreiheit von Ablaufplänen einfach erkennen. Die Kausalnetze lassen sich im Rahmen von Netzplantechnikmodellen [Altrog-

²Mittlerweile in 7. Auflage erschienen [Hammer und Champy 2003].

ge 1996] außerdem als sogenannte Netzpläne³ darstellen (vgl. [Schmitz u. a. 2018]), um z. B. den kritischen Pfad⁴ zu berechnen.

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine Personen- bzw. Akteurs-zentrierte Modellierung im Vordergrund stehen, da – wie bereits oben erwähnt – diese im Zentrum der Lehrveranstaltung stehen und unterstützt werden sollen. Also sollen – vorrangig zu ihren Prozessen – besonders die Personen selbst den Weg in das Modell finden. Der Autor dieser Arbeit hat sich in Zusammenarbeit mit Thomas Wagner im Rahmen dessen Promotionsvorhabens [Wagner 2018], mit der Integration von Agenten und Workflows beschäftigt. Aktiv hat er an der Implementierung eines – auf der Integration basierenden – prototypischen Werkzeugs mitgewirkt, das die oben genannten Workflownetze der Arbeitsblätter für die Teilnehmenden in einer agentenorientierten Umgebung ausführbar macht [Wagner u. a. 2017].

Zur Beschreibung des komplexen Systems *projektbasierte Lehrveranstaltung* wird es in einzelne modellierbare Teile zerlegt, die möglichst intuitiv die Wirklichkeit abbilden. Die Abhängigkeiten der Akteure zueinander und ihrer Ziele, Herausforderungen, Anforderungen, Tätigkeiten, Koordination, Kooperation und Kollaboration sowie Lösungsansätze (Strategien) werden konzeptionell gedacht und grafisch modelliert.

10.2.3 Modul: Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Systematische Betrachtungsweise bereitstellen“ (S. 195)

Durch die Berücksichtigung individueller und autonomer Akteure, welche mit ihrer Umwelt interagieren, sowie der Aufteilung in die oben beschriebenen Komponenten, bieten MAS einen angemessenen und allgemeinen Ansatz zur Modellierung. Im Speziellen werden hier MAS nach dem Vorbild des MULAN/CAPA-Rahmenwerks (s. Seite 35) eingesetzt, da Projekte gut aus einer akteurszentrierten Perspektive heraus modelliert werden können. Außerdem konnte im Laufe dieses Forschungsprojekts die Annahme bestätigt werden, dass die MULAN-Architektur ein passendes Grundgerüst bildet, um die identifizierten Teile und Bereiche von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf deren zentrale Konzepte abzubilden. Dies wurde bereits bei der „Erhebung von Zielen und Herausforderungen von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 117) und „Herausarbeitung und Definition der Anforderungen“ (S. 171) gezeigt. Auf der Ebene der Agenten war eine explizite Erweiterung, um die Hauptbestandteile der BDI⁵-Agenten, hilfreich (s. u.).

Das betrachtete System „projektbasierte Lehrveranstaltung“ lässt sich demnach in seine Akteure, ihr Wissen, ihre Ziele, Herausforderungen, Lösungsansätze und ihre angebotenen sowie nutzenden Dienste zerlegen. Die Tätigkeiten werden von den einzelnen Entitäten bzw. Agenten durchgeführt, indem diese außerdem entscheiden, wie und ob sie in Anbetracht spezieller Situationen reagieren.

In „Förderung der systematischen Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen“ (S. 105) wurde beschrieben, wie sich eine projektbasierte Lehrveranstaltung, ihre Personen

³Die „Netzplantechnik ist eine einfache Hilfsttechnik zur Erstellung von Netzplänen, in welchen Projektaktivitäten in einem Abhängigkeitsgeflecht dargestellt werden.“ [Röder 2016, S. 21]

⁴Der kritische Pfad beschreibt die längste Abfolge von Vorgängen ohne Pufferzeit [Deutsches Institut für Normung 2013].

⁵*Belief, Desire, Intention*

und deren Interna auf die einzelnen Konzepte der MULAN-Architektur abbilden lassen. Die Zuordnung wurde schon in Abbildung 5.1 skizziert. Die (rudimentäre) konzeptionelle Integration von MULAN- und BDI-Agenten wurde an der Stelle jedoch nicht ausreichend betrachtet. Dies wird im nächsten Unterabschnitt gesondert behandelt. Hier soll zunächst das anzuwendende Vorgehen bei der Abbildung beschrieben werden.

Außerdem wird hier ein weiterer Schritt vollzogen, indem erläutert wird, wie mit Hilfe einer solchen Abbildung die (technische) Umgebung einer projektbasierten Lehrveranstaltung konzipiert, spezifiziert, entworfen und implementiert werden kann. Dazu wird die technische Umgebung ebenfalls in Form eines MAS abgebildet. Dadurch sollen auf der einen Seite die Lesenden dieser Arbeit besser nachvollziehen können, wie die konkrete Abbildung, das Rahmenwerk und die LLUA in dieser Arbeit entstanden sind. Auf der anderen Seite sollen Nutzende des Rahmenwerks mit dieser Erläuterung darin gefördert werden, die gesamte Abbildung nach ihren individuellen Bedürfnissen und Gegebenheiten anzupassen und so auf dieser Basis die Umgebungen ihrer eigenen projektbasierten Lehrveranstaltungen zu entwickeln bzw. anzupassen.

Konzept der Abbildung

Die Abbildung einer projektbasierten Lehrveranstaltung auf ein MAS ist als eine iterative Abfolge von Aktivitäten zu verstehen, in dem die einzelnen Phasen und ihre innewohnenden Tätigkeiten nicht nur sequenziell, sondern auch nebenläufig zueinander durchgeführt werden können. Bei der Durchführung muss sich also nicht an einen Prozessablauf gehalten werden. Vielmehr sollte die Synergie der Phasen und Tätigkeiten genutzt werden, um ein möglichst realistisches und den Bedürfnissen angemessenes Modell zu erzeugen. Das *Konzept der Abbildung* ist eine Empfehlung und Darstellung, wie die einzelnen Tätigkeiten logisch aufeinander folgen. Beschrieben ist dieses Konzept mit der Hilfe von Petrinetzen, die in diesem Fall als *Denkzeug* dienen (s. Abschnitt 2.4.2; vgl. [Moldt 2005]).

Auf oberster Ebene lässt sich das Konzept in die drei Phasen *Modellierung der menschlichen Umgebung*, *Modellierung der technischen Umgebung* und *Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen* gliedern. Grafisch ist das Konzept auf der Ebene dieser drei Phasen in Abbildung 10.4 als Petrinetz (s. Seite 38) dargestellt (vgl. den Ansatz von [Tell 2005] zur Modellierung von fachlichen Inhalten, der realen Welt, technischer Systemen und Auffassungen der Personen ihrer Umgebung im Kontext des WAM-Ansatzes [Budde und Züllighoven 1990]). Die Phasen sind jeweils als Transition repräsentiert.

Oben befindet sich ein Platz für die *Betrachtete Umgebung*, welche sich hier aus der realen menschlichen und technischen Umgebung zusammensetzt – also aus dem soziotechnischen System. Obwohl es sich hierbei um eine komplexe Entität handelt, wird diese zur Vereinfachung als simple Marke dargestellt. Die gilt ebenfalls für das *Integrierte Modell* (unten), das *Modell der menschlichen Umgebung* (halb links) und das *Modell der technischen Umgebung* (halb rechts). Diese Marken repräsentieren beliebig komplexe Objekt oder z. B. Referenznetz (s. Seite 38), die wiederum hierarchisch organisiert sein können.

Die beiden Phasen *Modellierung der menschlichen Umgebung* (links) und *Modellierung der technischen Umgebung* (rechts) sind mit den Plätzen für die *Betrachtete Umgebung* und das *Integrierte Modell* jeweils via einer Testkante (s. Seite 38) verbunden. Das hat zur Folge, dass die Entitäten in diesen beiden Phasen lediglich „gelesen“ und nicht verändert werden können. Außerdem ermöglicht es der jeweils anderen Phase, diese Entitäten

nebenläufig zu nutzen. Beide Entitäten können nur in der Phase *Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen* verändert werden.

Im Sinne von Referenznetzen kann das integrierte Modell die Modelle der menschlichen und der technischen Umgebung enthalten und diese beiden Phasen zur Verfügung stellen. Somit wäre die explizite Modellierung (Darstellung) in diesem Konzept nicht notwendig. Aus Gründen der Anschaulichkeit und des einfacheren Verständnisses wurde jedoch entschieden, die beiden Modelle explizit zu repräsentieren, um u. a. ihre Unabhängigkeit vor der Integration hervorzuheben. Dennoch beschreibt das integrierte Modell die Synchronisation zwischen den beiden Modellen.

Im Folgenden werden die drei Phasen näher beschrieben.

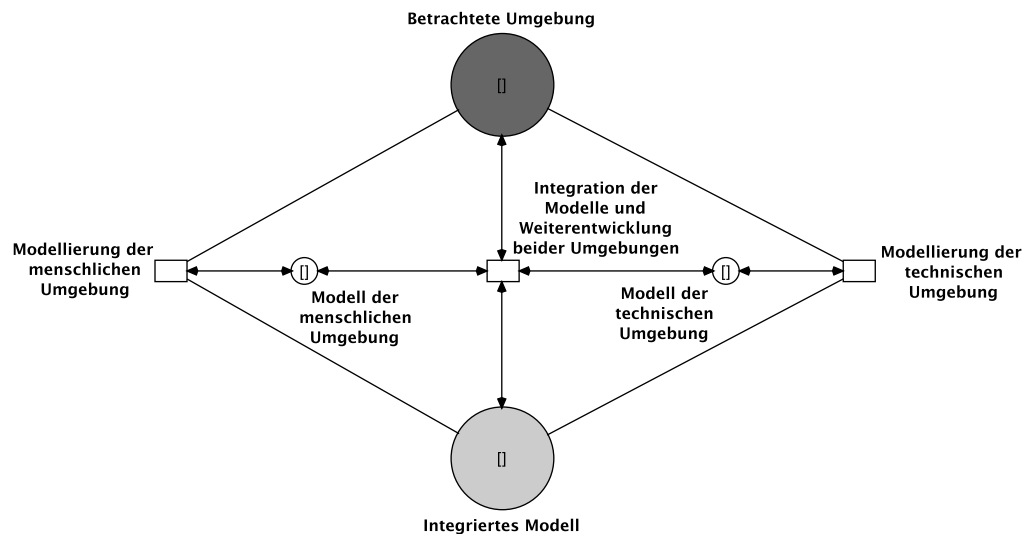


Abbildung 10.4: Konzept der Abbildung: Vorschlag für das Vorgehen bei der Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf der obersten Ebene. Die einzelnen Phasen sind jeweils als eine Transition dargestellt.

Modellierung der menschlichen Umgebung Die erste Phase des Konzepts lässt sich in drei weitere Subphasen gliedern. In der ersten werden die Agenten und Rollen und in der zweiten ihre Interna identifiziert. In der dritten Subphase wird kritisch evaluiert, ob das (Teil-)Modell die Realität abbildet. Wie diese Subphasen auf die reale Welt und auf die Modelle wirken, ist in Abbildung 10.5 dargestellt. Die Interna einer jeden dieser Subphasen lassen sich ebenfalls als eine Verfeinerung der oben genannten Abbildung darstellen. Aus Gründen der Komplexität wird darauf in diesem Abschnitt jedoch verzichtet.

- Agenten und Rollen
 - AkteurInnen (Personen) einer laufenden oder vergangenen projektbasierten Lehrveranstaltung benennen
 - Arten von Agenten (Agentenspezifikationen) identifizieren und den AkteurInnen zuordnen
 - grob die Aufgabenbereiche und Tätigkeiten der Arten von Agenten benennen

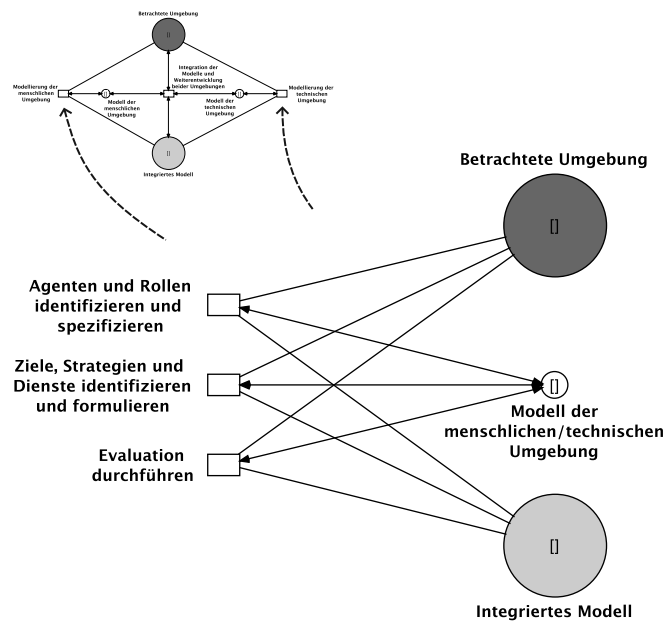


Abbildung 10.5: Konzept der Abbildung: Vorschlag für das Vorgehen bei der Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen in den Phasen *Modellierung der menschlichen Umgebung* und *Modellierung der technischen Umgebung*. Wie oben links angedeutet, ist dies eine verfeinerte Darstellung bzgl. der zu diesen Phasen zugehörigen Transitionen aus der Abbildung 10.4.

- Rollen auf der Grundlage der groben Aufgabenbereiche und Tätigkeiten bilden und diese den Arten von Agenten zuordnen
- aus den Rollen gemäß der identifizierten Arten von Agenten Agentenspezifikationen aggregieren (s. Abbildung 5.2)
- Ziele, Strategien und Dienste
 - aus den groben Aufgabenbereichen und Tätigkeiten Ziele der Rollen formulieren
 - Strategien zum Erreichen der Ziele benennen
 - Abhängigkeiten zwischen den Rollen und ihren Zielen sowie Strategien identifizieren
 - aus den Abhängigkeiten konkrete Dienste ableiten und wenn möglich die Angebots- und Nutzungsbeziehung definieren
 - Dienste formulieren, die zurzeit nicht von den AkteurInnen im Modell erbracht werden, jedoch zur Verfolgung von Zielen/Strategien nützlich/notwendig sind und Nutzungsbeziehung benennen
- Evaluation
 - kritisch prüfen, ob das bisherige Modell einen Teil der realen Welt abbildet (ein unvollständiges Modell ist zulässig, aber Agenten, Rollen, Interna und Beziehungen, die in der realen Welt nicht existieren und in Zukunft nicht angestrebt werden sollen, sind zu entfernen)

Modellierung der technischen Umgebung Die Phase zur Modellierung der technischen Umgebung folgt dem gleichen Vorgehen, wie die vorangegangene Phase – mit der Ausnahme, dass hier die Agenten nicht Personen, sondern Softwareanwendungen sind.

Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen Diese Phase ist ebenfalls in drei Subphasen gegliedert. In der ersten Phase werden die beiden Modelle (menschlich und technisch) integriert. In der zweiten wird das integrierte Modell dazu verwendet, beide Umgebungen weiterzuentwickeln. In der dritten wird kritisch evaluiert, ob die Weiterentwicklung der Umgebung Vor- oder Nachteile bringt. Wie diese Phasen auf die reale Welt und auf die Modelle wirken, ist in Abbildung 10.6 dargestellt.

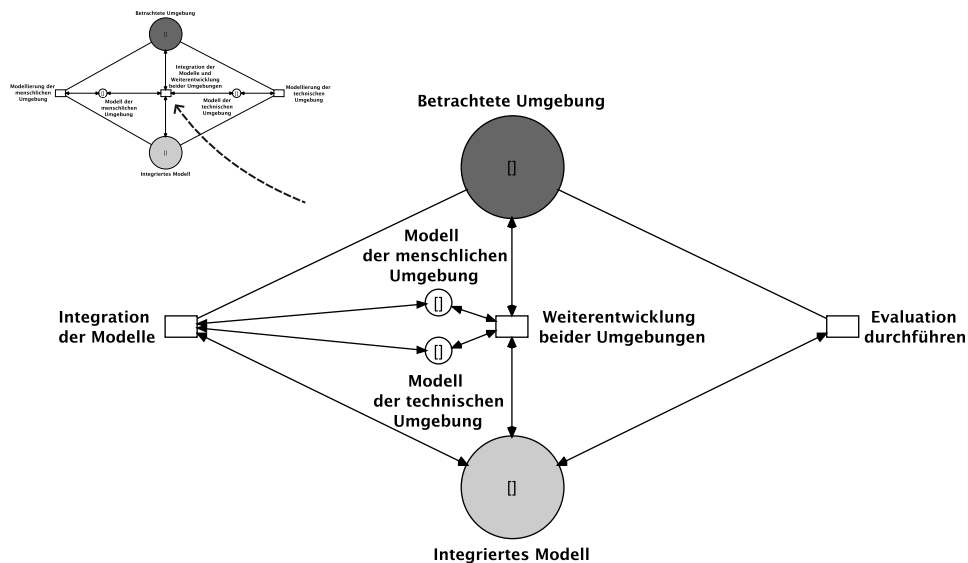


Abbildung 10.6: Konzept der Abbildung: Vorschlag für das Vorgehen bei der Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen in der Phase *Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen*. Wie oben links angedeutet, ist dies eine verfeinerte Darstellung bzgl. der zu dieser Phase zugehörigen Transition aus der Abbildung 10.4.

- Integration der Modelle
 - Identifikation der komplementären Dienste (i. d. R. werden ein oder mehrere Dienste im technischen Modell angeboten und im menschlichen Modell benutzt/benötigt)
 - Integration der Modelle über diese komplementären Dienste (die komplementären Dienste bilden die Schnittstelle zwischen dem menschlichen und dem technischen Modell)
- Weiterentwicklung beider Umgebungen
 - Identifikation der Dienste, die zurzeit benötigt, aber nicht angeboten werden
 - Identifikation der Dienste, die zurzeit angeboten, aber nicht benutzt werden
 - Entscheiden, welche Dienste in Zukunft erbracht werden sollen
 - Entscheiden, welche Dienste in Zukunft nicht mehr erbracht werden sollten

- Ggf. neue Rollen hinzufügen und andere als „überflüssig“ markieren
 - Entscheiden, ob die in Zukunft zu erbringenden Dienste von Menschen oder Softwareanwendungen erbracht werden sollen bzw. die neuen Rollen von Menschen oder Softwareanwendungen ausgefüllt werden sollen
 - Entscheiden, ob die bereits erbrachten Dienste den aktuellen Anforderungen entsprechen oder ob diese auf eine andere Art und Weise erbracht werden sollen
 - Ggf. die neuen bzw. angepassten Dienste und Rollen in die reale Welt implementieren
 - Ggf. die nicht mehr benötigten Dienste und Rollen in der realen Welt aussparen
- Evaluation
 - Im Lehrbetrieb beobachten und verifizieren, ob diese Dienste ihren abgezielten Nutzen entfalten und die Agenten in der realen Welt unterstützen/ob sie angepasst werden müssen/ob andere Rollen sie erbringen sollten

10.2.4 Rudimentäre konzeptionelle Integration von MULAN- und BDI-Agenten

An dieser Stelle wird keine formale Integration der MULAN- und BDI-Agenten angestrebt. Vielmehr wird eine intuitiv verständliche Integration benötigt, welche die Benutzenden des Rahmenwerks dabei unterstützt, ein Modell von projektbasierten Lehrveranstaltungen zu denken und zu entwickeln. Außerdem ist dies keine Integration auf gleicher Ebene, denn die hauptsächlichen Konzepte der BDI-Agenten (s. Abschnitt 2.4.1) werden in die der MULAN-Agenten (s. Abschnitt 2.4.1) integriert.

Im Kontext dieser Arbeit wurden den identifizierten und modellierten Agenten bzw. Rollen bereits Ziele und Lösungsansätze zugeordnet. Diese wurden in Abschnitt 5.1 als Teil der Wissensbasis der Agenten beschrieben. Das Wissen selbst, wurde bei der Modellierung der Rollen nicht explizit berücksichtigt.

Die grundlegenden Konzepte der BDI-Agenten – Wissen (engl. *beliefs*), Wünsche (engl. *desires*) und Absichten (engl. *intentions*) – werden im Folgenden als Wissen, Ziele und Lösungsansätze bezeichnet. Wie sich diese konzeptionell in einen MULAN-Agenten integrieren lassen, ist in Abbildung 10.7 grafisch dargestellt und im Folgenden beschrieben.

Das Wissen der Rollen bzw. der initialisierten Agenten ist in der *Wissensbasis* abgelegt. Ebenso sind die Ziele (bzw. Zielzustände) sowie die möglichen Lösungsansätze zum Erreichen der Ziele in der *Wissensbasis* verankert. Das Erreichen der Ziele und das Ausführen der Lösungsansätze wird durch die *Entscheidungskomponenten* und *Protokolle* ermöglicht. Die Entscheidung darüber, welche Lösungsansätze bei welchem – für den Agenten – beobachtbaren Systemzustand zum Erreichen seiner Ziele eingesetzt und kombiniert werden, werden durch die Entscheidungskomponenten vorbestimmt. Gleiches gilt dafür, zu welchen Zeitpunkten ein Agent damit beginnt, seine Ziele zu erreichen – was entscheidend vom aktuellen Kontext des Agenten und seiner Umgebung abhängt. Durch den Einsatz der, dem Agenten zur Verfügung stehenden, Protokolle, kann er mit sich selbst oder mit seiner Umwelt interagieren und auf diese Weise dafür sorgen, dass der Zielzustand erreicht wird.

Mit wachsendem Wissensstand oder durch andere äußerliche sowie innerliche Einflüsse, kann ein Agent seine aktuellen Ziele und Lösungsansätze verändern und ablegen sowie

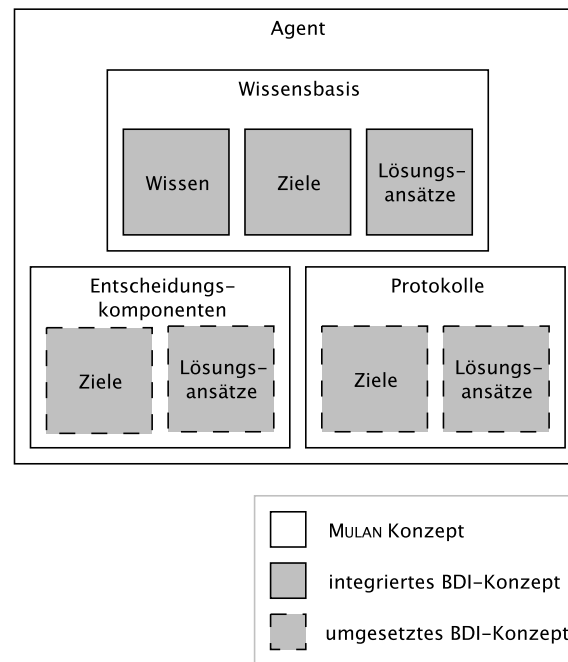


Abbildung 10.7: Konzeptionelle Integration der BDI-Agenten-Konzepte Wissen, Wünsche (Ziele) und Absichten (Lösungsansätze) in den MULAN-Agenten.

neue hinzunehmen. Dies wird auf der einen Seite durch die Veränderbarkeit der Wissensbasis ermöglicht. Auf der anderen Seite können Entscheidungskomponenten und Protokolle ausgetauscht oder neue hinzugefügt werden.

Wann warum welche Ziele von einem Agenten verfolgt und wann welche Lösungsansätze eingesetzt werden, wird von dieser rudimentären Integration nicht weiter betrachtet. Auch werden das Abwägen und die Verfolgung von widersprüchlichen Zielen nicht thematisiert. Zum Beispiel im Kontext der Koordination von Teams und ihrer Mitglieder zur Erreichung gemeinsamer Ziele wird dies von Michael Köhler-Bußmeier ausführlich in [Köhler-Bußmeier 2009] erforscht und formal beschrieben. In [Brin 2008] wurde für MULAN-Agenten außerdem ein Adapter entwickelt, der es ermöglicht, die *Jadex reasoning engine*⁶ [Pokahr u. a. 2005] für Abwägungen zu nutzen.

Ebenfalls wird hier nicht weiter darauf eingegangen, wie diese drei Konzepte selbst zu modellieren sind. In [Braubach u. a. 2004] wird festgestellt, dass die Ziele oft nur abstrakt beschrieben und nicht konkret modelliert werden. Die Autoren machen einen Vorschlag, wie Ziele modelliert werden könnten, um die Lücke zwischen Konzeption und Implementierung zu schließen. Lawrence Cabac beschreibt in *Modeling Petri Net-Based Multi-Agent Applications*, Kapitel 13 und 14, wie die Interaktionen (Protokolle) bzw. das interne Verhalten (Entscheidungskomponenten) der MULAN-Agenten modelliert werden können.

Alle beobachtbaren und für eine Lehr- und Lernumgebung relevanten Entitäten lassen sich verallgemeinert als Rollen oder rollenaggregierende Agenten betrachten. Die Agenten stellen in diesem Zusammenhang die intuitiv leicht zu verstehende handelnde Einheit

⁶Folgt dem BDI-Paradigma, <https://vsis-www.informatik.uni-hamburg.de/vsis/research/lookproject/27>, besucht am 31.01.2024.

in einem System dar. Während auf einer Betrachtungsebene Agenten zu MAS zusammengeschlossen werden, könne auf einer anderen die Handlungen der Agenten beschrieben werden. Die Verfeinerung, d. h. die detaillierte Darstellung eines Agenten, erfolgt durch seine Interna. Diese werden, wie bereits zuvor erwähnt (vgl. Abschnitt 5.1), anhand des MULAN/CAPA-Rahmenwerks beschrieben. Dieses bedient sich mittels der Petrinetz- bzw. Referenznetzmodellierung einer nebenläufigen Modellierungssprache, die unabhängige, in Konflikt stehende kausale Abläufe darstellen kann. Damit erhalten die hier präsentierten Modelle eine grundsätzlich möglichst gering einschränkende Semantik.

Durch die Berücksichtigung der BDI-Konzepte wird intelligentes Verhalten schlüssig in die MULAN-Agenten integriert. Andere Ausprägungen von MAS, wie sie z. B. von [Wester-Ebbinghaus 2010] und [Köhler-Bußmeier 2009] beschrieben wurden, werden dadurch ergänzt. Hervorzuheben ist hier, dass die handelnden Einheiten, in Hinblick auf ihr Wissen und Verhalten, durchweg als veränderbar angesehen werden. Dies berücksichtigt die hohe Flexibilität sozialer Systeme und der sie unterstützenden Softwaresysteme.

Die für diesen Cluster konzipierten Grundlagen werden im Abschnitt 12.1 dazu genutzt, die systematische Betrachtungsweise zu spezifizieren. Zunächst werden hier jedoch die weiteren Cluster des Rahmenwerks konzipiert.

10.3 Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration

Für diesen Cluster wurden die groben Anforderungen in Abschnitt 4.4 und die detaillierten in Abschnitt 9.3.3 beschrieben. Teile dieses Clusters adressieren die Untersuchung der Forschungsfrage F01⁷ und ihrer Subfragen (s. Abschnitt 4.1).

Hier werden die Themengebiete für den Cluster konzipiert und eingegrenzt, die dann in der „Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks“ (S. 263) wieder aufgegriffen werden. Dieser Cluster wird in die zwei Module „Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen“ und „Verteilte Kollaboration“ eingeteilt. Somit adressiert dieser Cluster die Bereiche *Planung & Durchführung* und *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA (s. „Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“ (S. 157)). Die Module werden im Folgenden bearbeitet.

10.3.1 Modulübergreifende Inhalte

Die im Folgenden konzipierten Module adressieren jeweils in ihrem Kontext die Gruppen von Anforderungen „Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen“ (s. Seite 197) sowie die „Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration)“ (s. Seite 197).

Zur Erfüllung dieser Anforderungen nutzen die Module die Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf MAS. Den einzelnen Rollen werden die erhobenen Ziele und Herausforderungen zugeordnet. Anschließend werden daraus die Anforderungen abgeleitet, die sie an ihre Umgebung stellen. Die korrespondierenden Inhalte wurden bereits in Abschnitt 6.1.2 bzw. Abschnitt 9.2.2 und Abschnitt 9.2.3 vorgestellt. In diesem Zuge wurde der zuvor beschriebene Teil „Modellierung der menschlichen Umgebung“ des *Konzepts*

⁷Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Planen, Koordinieren und Überblicken ihrer eigenen Tätigkeiten und denen der anderen Personen unterstützt werden?

der Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (s. Seite 220) eingesetzt.

Da diese Inhalte modulübergreifend sind, werden sie bei der folgenden Beschreibung der Module nicht erneut aufgegriffen.

10.3.2 Modul: Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Projektmanagement integrieren“ (S. 198)

Von diesem Modul werden die folgenden Themenbereiche betrachtet und unterstützt: Projekte, Personen, Aufgaben, Arbeitszeit/-aufwand, Ergebnisse und Dokumentation.

Projekte und Personen Projektbasierte Lehrveranstaltungen können unterschiedliche Strukturen und Ausrichtungen aufweisen. Eine solche Lehrveranstaltung kann explizit in Phasen eingeteilt sein, die sich stark voneinander unterscheiden. Die Teilnehmenden können sich z. B. selbst Inhalte erschließen (mit oder ohne bereitgestellte Lernmaterialien) oder diese Inhalte von den Veranstaltenden durch direkte Interaktion beigebracht bekommen. Außerdem können sich die Lehrveranstaltung in der Struktur der Personen unterscheiden. Es kann z. B. nur ein großes Team oder mehrere Teams geben. Diese können über den gesamten Zeitraum feststehen, auf variierende Weise miteinander interagieren oder nur getrennt voneinander arbeiten. Die Teams können sich auch gegenseitig etwas lehren und es ist ein Unterschied, ob die Veranstaltenden Teil der Teams sind oder diese nur von außen unterstützen – um nur einige Beispiele der Variationsmöglichkeiten zu nennen.

Je mehr Personen ein Team formen, desto mehr Koordination innerhalb des Teams ist notwendig, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen (vgl. [Kravitz und Martin 1986; Ringelmann 1913]). Wenn Teams miteinander interagieren sollen, dann wird auch auf dieser Ebene Koordination benötigt. Prinzipiell gilt: Je größer der Koordinationsbedarf, desto stärker sollte die Koordination durch die Lehr- und Lernumgebung unterstützt werden.

Aufgrund der Variationsmöglichkeiten ist es nicht wünschenswert, einzelne spezielle Lösungen zu erschließen, sondern möglichst eine flexible Lösung in eine LLUA zu integrieren. Die unterschiedlichen Ausprägungen von projektbasierten Lehrveranstaltungen werden so flexibel darin unterstützt, Räume zu schaffen, in denen sich die Veranstaltenden und Teilnehmenden organisieren und koordinieren können. Dies dient nicht nur der Durchführung, sondern auch der Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltungen.

Aufgaben Genauso wie Projekte, können auch Aufgaben in projektbasierten Lehrveranstaltungen sehr vielseitig sein. Sie können sich z. B. in ihrer Granularität (also ihrer Hierarchieebene) unterscheiden, ob sie eine Aufgabe für eine einzelne Person oder ein ganzes Team sind, ob Sachverhalte erschlossen, verstanden und dokumentiert oder ob Ergebnisse geschaffen bzw. die Erschaffungsprozesse beschrieben werden sollen.

Für die Herkunft einer Aufgabe existieren ebenfalls mehrere Optionen. So kann eine Aufgabe beispielsweise von einer anderen Person gestellt werden (z. B. von den Veranstaltenden an die Teilnehmenden), die Personen können sich selbst Aufgaben stellen oder eine Aufgabe hat sich erst im Kontext einer anderen Aufgabe ergeben.

Um diese unterschiedlichen Ausprägungen von Aufgaben abzudecken, gibt es verschiedene Organisations- und Verwaltungsmöglichkeiten. Aufgaben können z. B. vorausschauend geplant oder spontan erstellt werden. Zusätzlich können Aufgaben zu diesem Zweck um weitere Informationen angereichert werden, dies ist z. B. der Status, die Priorität, ein frühestes Start- und ein spätestes Enddatum, eine Abschätzung des erwarteten Aufwands, wer (Person oder Team) für die Aufgabe verantwortlich ist und welche Abhängigkeiten zu anderen Aufgaben existieren.

Grundsätzlich gilt, je komplexer der Kontext einer Aufgabe ist, desto mehr Unterstützung wird für die Personen benötigt. Während kleine Projekte, mit wenigen Personen (oder sogar nur einer), mit wenigen Aufgaben und einem kurzen Zeithorizont, geringer von der Organisation und Verwaltung von Aufgaben profitieren, kann der Erfolg von größeren Projekten davon abhängen.

Die Unterstützung der breitgefächerten Aufgabenvariationen wird durch eine anpassbare Lösung in eine LLUA integriert, sodass die individuellen Bedürfnisse der Personen und Projekte adressiert werden können.

Arbeitszeit/-aufwand Die Arbeitszeit in projektbasierten Lehrveranstaltungen ist in die zur Verfügung stehende Zeit der Personen und in den geschätzten bzw. tatsächlichen (zeitlichen) Aufwand zu unterscheiden. Aus den ECTS einer Lehrveranstaltung lässt sich häufig der geforderte und zu erwartende zeitliche Aufwand für die Teilnehmenden errechnen⁸. Arbeitsaufwand kann z. B. im Kontext von Personen bzw. Teams oder Aufgaben existieren. Der Aufwand für Aufgaben kann vorausschauend oder spontan geschätzt werden. Der tatsächliche Aufwand kann unterschiedlich dokumentiert und veröffentlicht werden. Dabei hat sich gezeigt, dass die zeitnahe Dokumentation zwar von den Veranstaltenden und Teilnehmenden eine höhere Sorgfalt beim Bearbeiten der Aufgaben erfordert, die Ergebnisse jedoch genauer sind, als wenn die benötigte Arbeitszeit z. B. erst am Ende der Woche für die einzelnen Aufgaben angegeben wird.

Aufwand kann nicht nur in Zeit, sondern auch abstrakter bemessen werden. Bei dem Vorgehensmodell Scrum⁹ werden die *User Stories* nach dem geschätzten benötigten Aufwand für die Realisierung bemessen und können dementsprechend eine Wertigkeit zugeordnet bekommen.

In einer projektbasierten Lehrveranstaltung macht es einen Unterschied, wer den Arbeitsaufwand schätzt. Schätzt man diesen für sich selbst oder hat eine Person den Aufwand für eine Aufgabe geschätzt, die man zugewiesen bekommen hat (von den Veranstaltenden oder anderen Teilnehmenden) oder freiwillig übernimmt. Je nach Vorwissen und Fähigkeiten kann diese Schätzung stark von der tatsächlich benötigten Arbeitszeit abweichen. Veranstalter*innen schätzen den Arbeitsaufwand für die einzelnen Aufgaben z. B. bei der Vorbereitung und Planung einer Lehrveranstaltung.

⁸Der Faktor von ECTS zu Arbeitsstunden ist i. d. R. in der Prüfungsordnung des jeweiligen Studiengangs festgehalten. Wie z. B. in der „Prüfungsordnung der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften für Studiengänge mit dem Abschluss „Bachelor of Science“ (B.Sc.)“, vom 20. Oktober 2021, der Universität Hamburg, <https://www.uni-hamburg.de/campuscenter/studienorganisation/ordnungen-satzungen/pruefungs-studienordnungen/mathematik-informatik-und-naturwissenschaften/20211020-po-min-bsc-115.pdf>, Zugriffen am 2022-08-26. Dort ist ein Leistungspunkt mit einer Arbeitsbelastung von i. d. R. 30 Stunden angegeben.

⁹<https://www.scrum.org/>, besucht am 31.01.2024

Außerdem ist es für das Finden von LernpartnerInnen oder sonstigen kollaborierenden Personen sowie die Koordination von gemeinsamen Aktivitäten wie *Meetings* hilfreich, die zeitliche Verfügbarkeit der anderen Personen zu kennen.

Das Schätzen und Dokumentieren des Arbeitsaufwands wird im Kontext von Aufgaben in eine LLUA integriert. Dieser kann flexibel in unterschiedlichen Metriken bemessen werden. Außerdem können die Personen ihre zeitliche Verfügbarkeit in einer LLUA angeben.

Ergebnisse Die Ergebnisse von Tätigkeiten und Aufgaben können in unterschiedlicher Form vorliegen, z. B. als Texte, Grafiken, Mindmaps, Videos, Fotos, Präsentationen und Präsentationsfolien. In Lehrveranstaltungen, in denen programmiert wird, kann ein großer Teil der Ergebnisse außerdem in Form von Code vorliegen. Die Ergebnisse können von Veranstaltenden und Teilnehmenden erstellt werden, so zählen im Verständnis dieser Arbeit z. B. auch die Lehr- und Lernmaterialien, welche die Veranstaltenden den Teilnehmenden bereitstellen, zu den Ergebnissen.

Die meisten Ergebnisse sind technischer Natur und müssen somit digital einzureichen sein. Die Art und Weise, wie Ergebnisse eingereicht werden sollten, hängt von ihrer Form und den Personen ab, die darauf zugreifen sollen. Während Texte, die nur von einer Person eingesehen werden sollen, z. B. per E-Mail verschickt werden können, bietet sich diese Lösung für große Videos, die von vielen Personen begutachtet werden sollen, nicht an. Für Code hat sich z. B. die Nutzung von Versionsverwaltungen und geteilten Repositories durchgesetzt.

Prinzipiell lässt sich festhalten, dass große Datenmengen oder Ergebnisse, die von vielen Personen eingesehen werden können sollen, vorzugsweise zentral bereitgestellt werden sollten. Doch auch für diese gibt es Fälle, in denen nicht alle Ergebnisse für alle Personen erreichbar sein sollten und eine Zugriffskontrolle benötigt wird.

Wie die Ergebnisse eingereicht werden sollten, hängt auch davon ab, wie die Ergebnisse wiederverwendet und wie lange sie aufbewahrt werden sollen. Die Teilnehmenden könnten z. B. auf die Ergebnisse eines vorherigen Semesters zugreifen, um auf diesem Stand weiterzuarbeiten. In einem solchen Fall müssen die Ergebnisse über einen längeren Zeitraum zur Verfügung stehen und durch eine flexible Zugriffskontrolle neuen Personen Rechte erteilt werden können. Hierbei sollte auf eine einheitliche Bereitstellung der jeweiligen Ergebnisse geachtet werden, damit der spätere Zugriff möglichst einfach gelingt.

Um die Nachvollziehbarkeit der eingereichten Ergebnisse zu verbessern, ist es sinnvoll diese mit den Aufgaben zu verknüpfen, in dessen Kontext sie erstellt wurden.

Die Bereitstellung von Ergebnissen wird flexibel für die oben genannten Formen in eine LLUA integriert. Dabei wird die spätere Wiederverwendbarkeit, die Zugriffskontrolle und die Verknüpfbarkeit von Ergebnissen mit Aufgaben berücksichtigt.

Dokumentation In projektbasierten Lehrveranstaltungen ist die Tätigkeit der Dokumentation häufig stark mit den zuvor beschriebenen Ergebnissen verbunden. Oft ist die Dokumentation z. B. Teil der Ergebnisse, beschreibt, wie diese erreicht wurden oder wie sie genutzt werden können. Die gängigste Form der Dokumentation sind Texte, doch sollte sich nicht darauf beschränkt werden, nur diese Form zu unterstützen/integrieren. Zum Beispiel sind für Anleitungen zu Softwareanwendungen Videos eine hilfreiche Alternative bzw. Ergänzung.

Somit gilt dafür, auf welche Weisen Dokumentationen erstellt, geteilt und wiederverwendet werden können, das Gleiche, wie für die oben beschriebenen Ergebnisse.

Nachdem hier konzeptionell die Inhalte des Moduls *Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen* für die Themenbereiche Projekte, Personen, Aufgaben, Arbeitszeit/-aufwand, Ergebnisse und Dokumentation beschrieben wurden, werden im Folgenden das Modul *Verteilte Kollaboration* und seine Inhalte konzipiert.

10.3.3 Modul: Verteilte Kollaboration

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Kommunikation und Kollaboration integrieren“ (S. 199)

Dieses Modul beinhaltet und unterstützt die folgenden Themenbereiche: Verteilte Kommunikation, verteilte Koordination, verteilter Informations-/Datenaustausch und verteilte Erstellung gemeinsamer Ergebnisse.

Im Fokus steht hier das zeitlich und räumlich verteilte Arbeiten im Kontext einer projektbasierten Lehrveranstaltung. Jedoch werden durch die Funktionen, die durch dieses Modul in eine LLUA integriert werden, auch das Arbeiten während der Präsenztermine unterstützt. Lokal zu installierende Integrierte Entwicklungsumgebungen (engl. Abkürzung: IDE), wie z. B. Eclipse¹⁰, IntelliJ IDEA¹¹ und Microsoft Visual Studio¹², und Texteditoren, wie z. B. SublimeText¹³, werden in diesem Modul nicht explizit berücksichtigt, obwohl diese heutzutage nativ oder durch Erweiterungen die verteilte Erstellung gemeinsamer Inhalte unterstützen. In Abhängigkeit von der Lehrveranstaltung sollte deren nützlicher Einsatz geprüft werden.

Verteilte Kommunikation Für eine gelingende Kollaboration ist die Kommunikation zwischen den agierenden Personen kaum zu vernachlässigen. Kommunikation kann auf der einen Seite synchron oder asynchron und auf der anderen Seite direkt oder indirekt sein. Darüber hinaus hat es in projektbasierten Lehrveranstaltungen einen Einfluss, wer wem wozu was wann berichtet.

Mit synchroner Kommunikation ist hier die zeitgleiche Kommunikation gemeint. Dies sind Gespräche, die zwischen Personen geführt werden – unabhängig davon, welches Medium dabei benutzt wird (z. B. Luft, Telefon oder Voice-/Videochat). Vorteile dieser Form sind z. B. schnelle Antworten und Abstimmungsprozesse. Ein Nachteil ist, dass diese Form häufig flüchtig ist – außer die Gespräche werden aufgezeichnet.

Die asynchrone Kommunikation bezeichnet hier die nicht-zeitgleiche Kommunikation. Die KommunikationspartnerInnen führen also kein direktes Gespräch und erwarten keine sofortigen Antworten/Reaktionen (z. B. Schwarzes Brett, E-Mail oder Chat¹⁴). Diese

¹⁰<https://www.eclipse.org/>, besucht am 31.01.2024

¹¹<https://www.jetbrains.com/idea/>, besucht am 31.01.2024

¹²<https://visualstudio.microsoft.com/>, besucht am 31.01.2024

¹³<https://www.sublimetext.com/>, besucht am 31.01.2024

¹⁴Inwiefern die Kommunikation via Chat als asynchrone und nicht als synchrone Kommunikation gilt, hängt von der Nutzungsform, den KommunikationspartnerInnen und ihren (vereinbarten) Erwartungen ab. An dieser Stelle wird das Chatten jedoch der Unterstützung der asynchronen Kommunikation zugeschrieben.

Form hat z. B. die Vorteile, dass die Kommunikation dokumentiert ist und die KommunikationspartnerInnen Zeit haben, elaborierte Antworten zu verfassen. Nachteilig ist, dass die KommunikationspartnerInnen nicht wissen, wann die Informationen zur Kenntnis genommen werden und wann eine Reaktion erfolgt.

Bei der direkten Kommunikation sind die empfangenden KommunikationspartnerInnen klar definiert (wie z. B. bei E-Mail oder Chat) – die Kommunikation ist also gerichtet. Unter nicht-gerichteter Kommunikation wird hier die nicht-direkte Kommunikation¹⁵ verstanden (z. B. Schwarzes Brett, Wiki, Code-Kommentare oder *Commit-Messages*). Die empfangenden KommunikationspartnerInnen sind also nicht eindeutig definiert. Auch wenn eingegrenzt werden kann, wer die möglichen Empfangenden sind, gilt das im Kontext dieser Arbeit weiterhin als nicht-direkte Kommunikation.

Alle hier vorgestellten Formen haben in projektbasierten Lehrveranstaltungen ihren Nutzen. Somit wird vom Rahmenwerk die Integration aller Formen in eine LLUA berücksichtigt.

Verteilte Koordination Im Rahmen dieser Arbeit wird die verteilte Koordination in projektbasierten Lehrveranstaltungen für Personen, deren Tätigkeiten bzw. Aufgaben und Arbeitszeit (s. Seite 227) betrachtet. Die verteilte Koordination umfasst dabei sowohl die vorausschauende Planung als auch die Erzeugung eines Überblicks der Abhängigkeiten von Tätigkeiten und Personen. Grundlegendes zur Koordination in projektbasierten Lehrveranstaltungen wurde bereits in dem vorherigen Modul in den Bereichen „Projekte“ und „Aufgaben“ (s. Seite 227) beschrieben.

Grundsätzlich ist zu betrachten, wer wann für was zuständig ist, wer wann für wen was plant und auf welcher Detailebene die Koordination erfolgt. So ist es z. B. ein Unterschied, ob die Personen für sich selbst oder für andere Personen planen (z. B. beim Einschätzen der benötigten Arbeitszeit für eine Aufgabe und Abschätzen der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit) und ob die Koordination innerhalb eines Teams oder zwischen Teams erfolgt. Das Ziel verteilter Koordination sollte sein, für alle beteiligten Personen einen Überblick zu kreieren, wer wann was mit wem und für wen welche Tätigkeiten ausführt. Diese und ähnliche Funktionen werden z. B. durch etwaige Projektmanagementumgebungen (PMUs) (s. Abschnitt 2.2.2) erfüllt. Dabei ist darauf zu achten, eine adäquate Detailebene zu wählen. Eine möglichst detaillierte Darstellung der Personen und Tätigkeiten spiegelt zwar die Realität genauer wider, führt aber auf der einen Seite zu einem unangemessenen Planungs-Overhead. Auf der anderen Seite geht – ohne Werkzeuge, die eine Abstraktion bereitstellen (vgl. [Schmitz u. a. 2018]) – der angestrebte Überblick in der Fülle an Informationen verloren.

Die Koordination von Tätigkeiten erfolgt von den Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen über direkte und nicht-direkte Kommunikation (s. o.). Generell lässt sich für das Verfolgen gemeinsamer Ziele festhalten: Je gröber und langwieriger die Tätigkeiten sind, desto mehr Personen sollten von dieser Tätigkeit Kenntnis haben und je mehr Personen in das Projekt involviert sind, desto wichtiger ist es, dass diese Tätigkeiten in einer PMU zentral repräsentiert sind. Dies gilt andersherum genauso. Alle, außer die konkret zur Kommunikation und Kollaboration eingesetzten, Funktionen einer PMU, werden hier als nicht-direkte Kommunikation eingestuft. Direkte Kommunikation wird für die Koordi-

¹⁵Nicht-direkte Kommunikation bedeutet in diesem Zusammenhang nicht „indirekte Kommunikation“, also nicht, dass jemand etwas anderes meint, als er/sie sagt.

nation umso wichtiger, je detaillierter und kurzweiliger die Tätigkeiten sind, da hier häufig schnelle Antworten bzw. Abstimmungsprozesse benötigt werden.

Da projektbasierte Lehrveranstaltungen sich i. d. R. über eine Zeitspanne von einem Semester erstrecken und mehrere Personen sowie Teams involviert sind, bietet das Rahmenwerk die Möglichkeit, ein verteilt nutzbares Aufgabenmanagement in eine LLUA zu integrieren (hinzu kommen die Möglichkeiten für die verteilte Kommunikation, s. o.). Dies sollte auch bei geringer TeilnehmerInnenzahl in Erwägung gezogen werden, damit die Teilnehmenden solche Werkzeuge kennenlernen und den Umgang mit ihnen erproben können. Denn zu großer Wahrscheinlichkeit werden zumindest Studierende (Teilnehmende) der Informatik diese in ihrer beruflichen Laufbahn nutzen.

Verteilter Informations-/Datenaustausch Die Grundlagen für den verteilten Informations-/Datenaustausch wurden bereits implizit in dem vorherigen Modul (s. Seite 227) in den Themenbereichen *Ergebnisse* und *Dokumentationen* beschrieben. In projektbasierten Lehrveranstaltungen treten aber noch weitere Informationen und Daten auf, als die oben genannten, und einige von den bereits genannten haben besondere Anforderungen, die hier genauer erläutert werden sollen. Zu diesen zählen z. B. die Lehr- und Lernmaterialien sowie Ankündigungen der Veranstaltenden und Teilnehmenden.

Für Lehr- und Lernmaterialien ist besonders die zentrale und strukturierte Bereitstellung wichtig, denn sie sollten von den Teilnehmenden einfach aufgefunden und verwendet werden können. Materialien, die in Form von Dateien vorliegen, sollten eine kurze Beschreibung erhalten, sodass diese bei einer Volltextsuche von den Teilnehmenden gefunden werden können. In der Regel ist das für alle Informationen und Daten sinnvoll, die in Form von Dateien vorliegen. Ist die Lehrveranstaltung in einzelne Phasen oder Themenblöcke eingeteilt, so sollte sich dies auch in der Struktur der Lehr- und Lernmaterialien widerspiegeln. Außerdem kann es bei einigen Lehr- und Lernmaterialien relevant sein, dass sie sowohl online als auch offline genutzt werden können oder analog und digital bereitgestellt werden. So hat es sich z. B. gezeigt, dass die Bereitstellung von analogen (ausgedruckten) Aufgabenzetteln durch eine digitale Bereitstellung gewinnbringend ergänzt werden kann.

Die Ankündigungen von Veranstaltenden, wie z. B. die Struktur der Lehrveranstaltung und Abgabefristen, sollten ebenfalls zentral bereitgestellt und nicht nur per direkter asynchroner Kommunikation geteilt werden. Diese Form bietet sich jedoch dafür an, die Veröffentlichung neuer Ankündigungen z. B. durch die Bereitstellung eines Links bekannt zu machen.

Auf der anderen Seite existieren jedoch auch vertrauliche Ankündigungen, die nicht global (im Kontext der Lehrveranstaltung) geteilt werden sollen. Zu diesen zählen z. B. Ab- und Krankmeldungen von Personen. Hier bietet es sich an, alle Veranstaltenden via direkter asynchroner oder synchroner Kommunikation in Kenntnis zu setzen. Sind die Teilnehmenden in Teams eingebunden, sollten sie außerdem dazu angehalten werden, ihre Abwesenheit auch in diesem Kontext anzukündigen (ohne die Angabe von Gründen zu fordern).

Die Integration der hier konzipierten Unterstützung in eine LLUA wird vom Rahmenwerk bereits durch die Themenbereiche *Ergebnisse* und *Dokumentation* des vorherigen Moduls (s. Seite 227) sowie des vorangegangenen Themenbereichs dieses Moduls *verteilte Kommunikation* abgedeckt. Bei der Konzeption und Umsetzung muss darauf geachtet werden, diesen Themenbereich zu berücksichtigen.

Verteilte Erstellung gemeinsamer Ergebnisse Die gemeinsame Verfolgung eines Ziels und die gemeinsame Erstellung von Ergebnissen ist zentral in einer projektbasierten Lehrveranstaltung – das Arbeiten an den gleichen Artefakten also üblich. Dabei kann darin unterschieden werden, ob die Personen zeitgleich, also in Echtzeit kollaborieren, oder ob die Personen nacheinander bzw. verzahnt ein oder mehrere gleiche Artefakte bearbeiten.

Die verzahnte Variante hat das Potenzial Versionskonflikte zu generieren, die zu berücksichtigen und ihre Auflösung zu unterstützen ist. Dies kann bei binären Dateiformaten z. B. durch intensive Kommunikation der Personen geschehen. Die Artefakte sollten dabei zentral verwaltet und versioniert werden, damit keine Inhalte verloren gehen. Für Artefakte, die nicht in einem binären Dateiformat vorliegen (wie z. B. Code oder Textdokumente verfasst in einer Auszeichnungssprache), sollten Versionskontrollsysteme (VCS) zum Einsatz kommen. Diese können auch für binäre Dateiformate zur Versionierung eingesetzt werden – auch wenn in diesem Fall das Zusammenführen von Versionskonflikten nicht unterstützt wird. Diese Hilfsmittel sollten auch bei einer räumlich nicht-verteilten Kollaboration eingesetzt werden.

Ist die Kollaboration nicht zeitlich, sondern ausschließlich räumlich verteilt, so bedarf es weiterer Unterstützung. In diesem Fall benötigen die kollaborierenden Personen möglichst eine synchrone Kommunikation und eine einheitliche Echtzeitsicht auf die Artefakte, an denen gearbeitet wird. Außerdem existieren heutzutage Werkzeuge, die Funktionen für die räumlich verteilte Kollaboration in Echtzeit anbieten, sodass die Personen verteilt an demselben Artefakt arbeiten können.

Da eine mit dem Rahmenwerk entwickelte LLUA die Möglichkeit bieten soll, sowohl für die Präsenz- als auch für die Online-Lehre bzw. Mischformen eingesetzt werden zu können, wird vom Rahmenwerk die Integration von Funktionen für die zeitlich und auch räumlich verteilte Kollaboration unterstützt. Im besonderen Fokus stehen dabei das Arbeiten in Echtzeit an Texten und die Bildschirmübertragung.

In diesem Abschnitt wurde der Cluster *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* in die Module „Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen“ sowie „Verteilte Kollaboration“ eingeteilt und die Inhalte dieser konzeptionell besprochen. Im folgenden Abschnitt wird der Cluster für die *Unterstützung der Datenanalyse* bearbeitet.

10.4 Cluster: Unterstützung der Datenanalyse

Die Anforderungen an diesen Cluster wurden in Abschnitt 4.4 grob und in Abschnitt 9.3.4 detailliert beschrieben. Teile dieses Clusters adressieren die Untersuchung der Forschungsfrage F02¹⁶ und Forschungsfrage F03¹⁷ sowie ihrer Subfragen (s. Abschnitt 4.1). Hier werden die Aufgaben und die Mittel für diesen Cluster konzipiert, die in der Ausgestaltung der Inhalte benutzt und konkret angewendet werden. Dazu wird dieser Cluster in die folgenden neun Module gegliedert:

- Vorgehensmodell für die Datenanalyse
- Dokumentation der Datenanalyse

¹⁶Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Reflektieren ihres eigenen Verhaltens und des der anderen Personen mittels Datenanalyse unterstützt werden?

¹⁷Inwiefern kann die Datenanalyse für die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen einen Mehrwert bieten?

- Analysen auswählen
- Daten verstehen und untersuchen
- Daten aufzeichnen
- Daten vorverarbeiten und sammeln
- Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten
- Analysen bewerten und interpretieren
- Kommunikation und Reflexion

Mit Hilfe dieses Clusters können Veranstaltende die Analyse von Daten in ihre eigene LLUA und ihre projektbasierte Lehrveranstaltung integrieren und für diese nutzen. Somit adressiert dieser Cluster die Bereiche *Analyse* und *Reflexion* einer LLUA (s. „Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“ (S. 157)). Dazu beschreibt es, wozu die einzelnen Tätigkeiten dienen und was zur Umsetzung prinzipiell benötigt wird. Außerdem beinhaltet es Beispiele, welche die Umsetzung der einzelnen Tätigkeiten konkret beschreiben.

10.4.1 Modulübergreifende Inhalte

Die im Folgenden konzipierten Module adressieren jeweils in ihrem Kontext die Gruppen von Anforderungen „Definition der Ziele und Herausforderungen beim Daten analysieren“ (s. Seite 201) sowie die „Definition der Anforderungen an eine LLUA (Datenanalyse)“ (s. Seite 201).

Zur Erfüllung dieser Anforderungen nutzen die Module die Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf MAS. Den einzelnen Rollen werden die erhobenen Ziele und Herausforderungen zugeordnet (wie bereits in Abschnitt 6.2.3 erfolgt ist). Anschließend werden daraus die Anforderungen abgeleitet, die sie an ihre Umgebung stellen. Die korrespondierenden Inhalte wurden bereits in Abschnitt 9.2.4, Abschnitt 9.2.5 und Abschnitt 9.2.6 vorgestellt. In diesem Zuge wurde der zuvor beschriebene Teil „Modellierung der menschlichen Umgebung“ des *Konzepts der Abbildung* von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (s. Seite 220) eingesetzt.

Da diese Inhalte modulübergreifend sind, werden sie bei der folgenden Beschreibung der Module nicht erneut aufgegriffen.

10.4.2 Modul: Vorgehensmodell für die Datenanalyse

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Vorgehensmodell für die Datenanalyse entwickeln“ (S. 200)

Dieses Modul gibt ein Ordnungsprinzip für die restlichen Module dieses Clusters vor. Dabei deckt es die folgenden Themenbereiche ab: Grundlegendes Vorgehen in der Datenanalyse, Vorgehensmodell für die Datenanalyse sowie Identifikation von Rollen und deren Tätigkeiten in der Datenanalyse nach dem Vorbild eines Multiagentensystems (MAS).

Grundlegendes Vorgehen Das grundlegende Vorgehen für das hier entwickelte Vorgehensmodell für eine Datenanalyse lässt sich grob in fünf Schritte beschreiben (in Anlehnung an den grundlegenden Prozess und die grundlegenden Aktivitäten bei der Datenanalyse, vgl. Abschnitt 2.3.5):

- Ziele und Analysefragen formulieren

- Daten aufzeichnen
- aufgezeichnete Daten verarbeiten
- verarbeitete Daten analysieren
- gewonnene Informationen nutzen

Dieses Vorgehen wird in Form eines Vorgehensmodells und einer Beschreibung von Rollen für die Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen verfeinert, um den Veranstaltenden und Teilnehmenden eine detailliertere Orientierung zu bieten.

Vorgehensmodell Mithilfe eines Vorgehensmodells sollen die Veranstaltenden und Teilnehmenden darin unterstützt werden, eine einheitliche und nachvollziehbare Datenanalyse zu gestalten und durchzuführen.

Das Vorgehensmodell beschreibt einen iterativen Datenanalyseprozess. Dieser führt von der Beschreibung der zu gewinnenden Informationen über die Datenaufzeichnung und -analyse hin zum Einsatz der Analyseergebnisse, um die menschliche und technische Umgebung zu verändern. Es werden nicht nur zielgerichtete Analysen, sondern auch die Erkundung der vorliegenden Daten und in ihnen versteckten Informationen unterstützt. Realisiert wird dies durch eine iterative Gestaltung und integrierte Feedbackschleifen. Dazu wird der prinzipielle Fluss der Tätigkeiten beschrieben. Diese können von mehreren Personen durchgeführt werden und somit kann sich eine zeitliche Überschneidung der Tätigkeiten ergeben.

Das bereits zuvor beschriebene Vorgehensmodell namens *LAVA Model* (s. Seite 77) wird von diesem Modul aufgegriffen und an die prinzipiellen Bedürfnissen projektbasierter Lehrveranstaltungen angepasst. Angereichert wird dieses Modell außerdem von detaillierteren Prozessen für die Datenvorverarbeitung, welche in [Romero u. a. 2014] (s. Abbildung 3.5) und [Feldman-Maggor u. a. 2021] (s. Abbildung 3.6) beschrieben sind. Diese Anpassung und Kombination erfolgt in mehreren Iterationen und wird in konkreten projektbasierten Lehrveranstaltungen erprobt. Bereitgestellt wird es zum einen als schematische Grafik mit Tätigkeitsblöcken und deren Abhängigkeiten und Einflüssen sowie ergänzenden Erläuterungen, um einen Überblick zu erhalten und es praktisch einzusetzen (s. Abschnitt 12.3.1). Zum anderen wird ein detaillierter BPMN¹⁸-Prozess ausgearbeitet, der einige der einzelnen Tätigkeitsfelder verfeinert, sowie diesen Rollen zuordnet (s. Abschnitt 12.3.1).

Das daraus resultierende schematische Vorgehensmodell ist – zur Förderung des Verständnisses der folgenden Abschnitte – in Abbildung 10.8, S. 236 dargestellt. Konkret beschrieben ist es in Abschnitt 12.3.1. Neben dem Titel der einzelnen Tätigkeitsbereiche, werden jeweils das Modul des Rahmenwerks angegeben, durch welches dieser Tätigkeitsbereich unterstützt wird. Zusätzlich wird für jeden Tätigkeitsbereich die zugeordnete Rolle benannt.

Identifikation von Rollen und deren Tätigkeiten in der Datenanalyse Das Vorgehensmodell wird um Rollen in der Datenanalyse und deren Tätigkeiten ergänzt. Genau wie für die systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen (vgl. Abschnitt 10.2), wird auch die Tätigkeit der Datenanalyse als Projekt betrachtet und auf ein MAS abgebildet. In diesem Zuge wird die Rolle AnalytikerIn verfeinert, um ihre Subrollen und deren Tätigkeiten genauer betrachten zu können.

¹⁸s. Seite 39

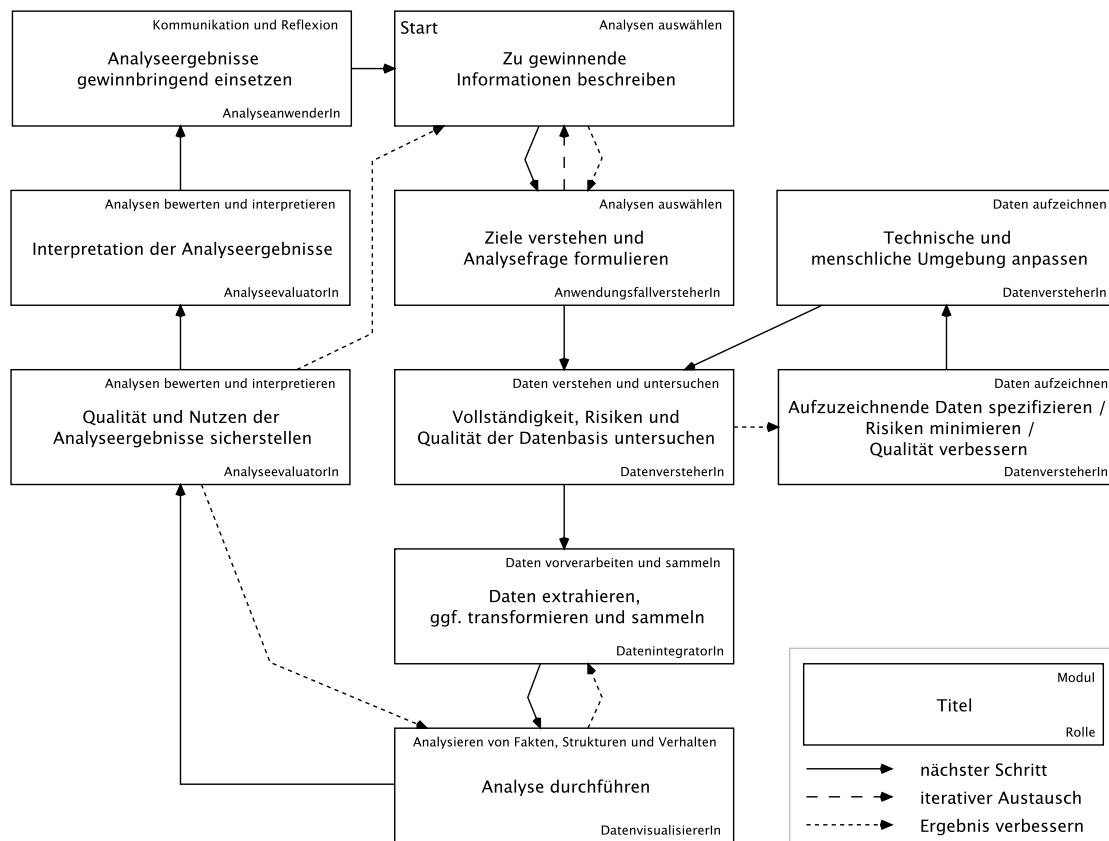


Abbildung 10.8: Ein schematisches Vorgehensmodell für die Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen (VMDA).

Dies ist zwar Inhalt der Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks, wurde jedoch bereits in Abschnitt 6.2.2 motiviert und vollzogen, da die Verfeinerung eine Grundlage für die Erhebung der Ziele und Herausforderungen beim Daten analysieren (s. Abschnitt 6.2) sowie für die Herausarbeitung und Definition der Anforderungen (s. Kapitel 9) darstellt. Aus diesem Grund wird dieses Arbeitspaket im Folgenden nicht erneut erläutert.

Die Zuordnung der Rollen zu den einzelnen Tätigkeitsblöcken des Vorgehensmodells sowie zu den Modulen des Rahmenwerks bzw. einer LLUA erfolgt in Abschnitt 12.3.1.

10.4.3 Modul: Dokumentation der Datenanalyse

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Dokumentation der Analyse- und Reflexionsprozesse integrieren“ (S. 205)

Die Dokumentation der Datenanalyse ist eine Tätigkeit, die sich über alle Tätigkeitsfelder des Vorgehensmodells erstreckt und von allen Rollen der Datenanalyse gefordert wird. Aus diesem Grund wird ihr ein eigenes Modul im Rahmenwerk eingeräumt, dessen Kern der Vorschlag einer Dokumentationsstruktur ist, welche den gesamten Datenanalyseprozess abdeckt und sich an dem Vorgehensmodell orientiert.

Genauso, wie es sich lohnt, die Entwicklung von Software zu dokumentieren, so lohnt es sich auch, den Datenanalyseprozess zu dokumentieren. Die Vorteile sind ähnlich, denn auch während der Datenanalyse werden etliche Entscheidungen getroffen und Ergebnisse erzeugt, die dokumentiert werden sollten, damit z. B. die Transparenz des Prozesses für alle Beteiligten erhöht werden kann. So lassen sich z. B. Analyseergebnisse, Interpretationen und abgeleitete Anpassungsvorschläge – aber auch handwerkliche Fehler oder Fehlschlüsse – zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen. Dies kann unter den analysierten Personen zu einer größeren Akzeptanz der Ergebnisse führen.

Außerdem dient die Dokumentation des Vorgehens dazu, eine einheitliche Prozessstruktur zu etablieren und in einer folgenden Iteration, in der z. B. die Ergebnisse verbessert oder genauer untersucht werden sollen, die Unterschiede hervorzuheben.

Darüber hinaus kann die Dokumentation dazu eingesetzt werden, die (Teil-)Ergebnisse der einzelnen Tätigkeiten zu sammeln und zu verteilen.

Dieses Modul dient dazu, eine wie im Folgenden beschriebene Dokumentation in den Datenanalyseprozess und in eine LLUA zu integrieren. Das spezifische Schema für die Dokumentation wird in Abschnitt 12.3.2 erläutert.

Arten der Dokumentation Die Dokumentation kann auf viele unterschiedliche Arten erfolgen. Im Rahmen dieses Moduls wird die Anwendung folgender Prinzipien vorgeschlagen:

- Eine zentrale Sammlung der Dokumentationsteile ist einer verteilten, nicht zusammengeführten Dokumentation vorzuziehen.
- Die Dokumentation sollte (größtenteils) in schriftlicher, grafischer und tabellarischer und nicht in sprachlicher Form (z. B. Voice-Recordings) erfolgen.
- Ein einheitliches Schema für die Dokumentation des gesamten Datenanalyseprozesses ist einer freien Dokumentation vorzuziehen.

Eine zentrale Sammlung der Dokumentation führt dazu, dass alle Beteiligten die Entscheidungen der anderen überblicken und nachvollziehen können. Außerdem können so die Ergebnisse der einzelnen Tätigkeitsbereiche übersichtlich ausgetauscht und aufgefunden werden. So muss die DatenvisualisiererIn z. B. nicht die DatenintegratorIn nach dem entwickelten Datenbankschema fragen, sondern weiß, wo sie dieses findet und wie sie es zu verstehen hat. Zusätzlich kann sie auf die Ergebnisse der DatenverstherIn zugreifen und sich erschließen, welche Daten verarbeitet wurden.

Die Dokumentation in schriftlicher Form hat die Vorteile, dass sie textuell durchsuchbar ist, einzelne Teile einfach angepasst bzw. korrigiert und Ergebnisse zur Weiterverarbeitung kopiert werden können. Wann immer möglich sollten die Texte durch Grafiken und Tabellen ergänzt werden, um die Inhalte aufzubereiten. Auch wenn es in sprachlicher Form (möglicherweise sogar unterstützt durch ein Video) oft einfacher ist, bestimmte Sachverhalte zu erklären, so ist (in den meisten technischen Umgebungen) das Auffinden und Korrigieren von Inhalten schwieriger.

Die Einigung auf ein einheitliches Schema für die Dokumentation hilft dabei, die einzelnen Datenanalysevorgänge überschaubar, nachvollziehbar und vergleichbar zu gestalten. Außerdem wissen alle Beteiligten, wo sie welche Informationen zu suchen haben.

Struktur und Nutzung der Dokumentation Die Struktur der Dokumentation sollte sich an dem gewählten Vorgehensmodell für die Datenanalyse orientieren und die einzelnen Tätigkeitsfelder abdecken. In der Dokumentation werden nicht nur Entscheidungen festgehalten, sondern auch die Ergebnisse der einzelnen Tätigkeitsfelder referenziert/eingefügt und beschrieben. Sie dient somit auch als Schnittstelle zur Übergabe von Informationen zwischen den einzelnen Tätigkeitsfeldern bzw. Rollen.

Der Umfang an Datenanalysen, den eine Sammlung oder ein Dokument enthält, muss individuell festgelegt werden. Dennoch wird das folgende Vorgehen vorgeschlagen:

- Eine Sammlung (nach einem einheitlichen Schema) für jede Iteration der Datenanalyse (siehe Vorgehensmodell) anlegen, dabei ggf. gleichbleibende Passagen aus vorherigen Iterationen referenzieren.
- Die Sammlungen dem übergeordneten Auftrag zuordnen.

Die Dokumentation wird mindestens den Personen zugänglich gemacht, die an der Analyse der Daten beteiligt sind. Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, auch den analysierten Personen Zugang zu der Dokumentation zu geben. Bei entsprechender Expertise könnten auf diese Weise z. B. die Nachvollziehbarkeit und Glaubwürdigkeit der Interpretationen und abgeleiteten Anpassungsvorschläge gefördert werden.

Integration der Dokumentation Das Dokumentieren wird in alle Tätigkeitsfelder (des Vorgehensmodells) integriert und bei der Realisierung wird beachtet, dass die beteiligten Personen kollaborativ an der Dokumentation arbeiten können.

Um ein einheitliches Schema zu etablieren, wird eine Vorlage (*Template*) bereitgestellt. Das Template beinhaltet nicht nur eine grobe Struktur, sondern auch konkrete Fragen/Platzhalter, die von den Personen beantwortet/ausgefüllt werden können. Auf diese Weise wird die Integration der Dokumentationstätigkeit in die Tätigkeitsfelder unterstützt, da die Personen sich mit Hilfe des Templates orientieren können. Das Template bietet den Personen also eine Hilfestellung und fasst einige der Tätigkeiten zusammen, die vollzogen werden müssen. Das Ziel ist es, dadurch dafür zu sorgen, dass die Dokumentation nicht als eine zusätzliche, störende Aufgabe wahrgenommen wird.

Das Template wird in einer für die LLUA gewählten Lösung für die zentrale Informationssammlung zur Verfügung gestellt.

10.4.4 Modul: Analysen auswählen

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Analysen auswählen“ (S. 202)

Dieses Modul adressiert die folgenden Tätigkeitsfelder des Vorgehensmodells:

- „Zu gewinnende Informationen beschreiben“
- „Ziele verstehen und Analysefragen formulieren“

Somit unterstützt dieses Modul den praktischen Start einer Datenanalyse und den iterativen Austausch auf dem Weg von den zu gewinnenden Informationen hin zu einsatzbereiten formulierten Analysefragen.

Gewinnbringende Analysen Gerade zu Beginn ist es schwierig, sinnvolle bzw. gewinnbringende Analysefragen auszuwählen. Um dem entgegenzuwirken benennt dieses Modul zunächst Arten von gewinnbringenden Analysen (s. Abschnitt 12.3.3). Jedoch lässt sich nicht allgemeingültig festhalten, welche Analysen einen nützlichen Informationsgewinn erbringen werden. Dafür können projektbasierte Lehrveranstaltungen zu unterschiedliche Ausprägungen annehmen.

Analysefragen als Leitbild der Datenanalysen Anschließend wird motiviert und erläutert, wieso Analysefragen (abgeleitet aus konkreten Zielen) als Leitbild für die Datenanalyse eingesetzt werden sollten und dass die iterative Verfeinerung von Analysefragen einer initial bereits sehr detaillierten Analyse vorzuziehen ist. In dem Zuge wird auf die Verwendung von konkreten Beispielen zurückgegriffen.

Entscheidungshilfen Um den fehlenden Erfahrungswerten zu Beginn der Analyse einer projektbasierten Lehrveranstaltung entgegenzuwirken, werden Entscheidungshilfen vorgestellt. Diese weisen darauf hin, welche grundlegenden Sachverhalte an projektbasierten Lehrveranstaltungen untersucht werden könnten und schlagen somit erste Richtungen vor, in die analysiert werden könnte.

Analysefragen formulieren Nachdem die Ausrichtung der Analysen eingegrenzt wurde, gilt es, gute Analysefragen zu formulieren. Es ist z. B. einfacher, eine grobe Analysefrage zu untersuchen und sich auf der Grundlage weiter vorzuarbeiten, als direkt mit einer spezialisierten Frage zu beginnen. Hinweise dieser Art sowie Beispiele guter und schlechter Analysefragen werden von diesem Modul gegeben. Außerdem wird eine beispielhafte Verfeinerung einer konkreten Analysefrage beschrieben und dient somit als anschauliches Exemplar, wie eine solche Verfeinerung vollzogen werden kann.

Beispielhafte Ziele und Fragenkatalog Um den Veranstaltenden und Teilnehmenden konkrete Anregungen zu geben, welche Ziele und Analysefragen verfolgt werden könnten, wird ein Katalog beispielhafter Ziele und Fragen ausgearbeitet.

10.4.5 Modul: Daten verstehen und untersuchen

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Datenvorverarbeitung und -sammlung integrieren“ (S. 203)

In diesem Modul wird das folgende Tätigkeitsfeld des Vorgehensmodells behandelt:

- „Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen“

Dieses Modul unterstützt dabei, ein Verständnis der benötigten Daten (ausgehend von den Analysefragen) und der vorhandenen Daten zu erlangen. Die Untersuchung der Daten auf die Eigenschaften Qualität, Vollständigkeit und Risiken wird gefördert.

Definition der benötigten Daten Um die Daten ausgehend von einer Analysefrage zu verstehen, wird vorgeschlagen, zunächst die benötigten Daten zu definieren. Dazu wird eine geeignete Zerlegung von Analysefragen beschrieben und beispielhaft vollzogen.

Erstellung eines Datenschemas Daraufhin wird beschrieben, wie ein Zielschema für die Daten erstellt werden kann, auf dessen Grundlage die Analysen (später) durchgeführt werden. Das Zielschema dient dazu festzulegen, wie die benötigten Daten miteinander verknüpft werden müssen. Das grafische Modell eines solchen Schemas wird als Werkzeug für die noch folgenden Untersuchungen eingesetzt.

Das zu wählende Zielschema kann von der Analysedisziplin abhängen. Während z. B. für *Business Intelligence* (BI) Datenbankschemata als Stern oder Schneeflocke (s. Seite 29) gängig sind, werden für *Process Mining* (PM) flache Tabellen benötigt.

Erschließung der Datenbasis Erst nach der Erstellung eines gewünschten Zielschemas wird die vorhandene Datenbasis gesichtet. Von diesem Modul wird auf unterschiedliche Datenquellen hingewiesen und wie diese erschlossen werden können.

Vollständigkeit der Datenbasis untersuchen Im nächsten Schritt werden mit Hilfe des zuvor erstellten Zielschemas, die Quellen für die benötigten Daten zugeordnet und so die Vollständigkeit der Datenbasis bewertet. Vorhandene Daten müssen außerdem auf Lückenfreiheit hin untersucht werden.

Wenn die Daten unvollständig sind, muss dafür gesorgt werden, dass die fehlenden Daten aufgezeichnet werden (s. „Modul: Daten aufzeichnen“ (S. 240)).

Risiken der Datenbasis untersuchen Es ist jetzt definiert, welche Daten zur Untersuchung der Analysefrage benötigt werden, wo diese Daten zu finden sind und was sie beinhalten. Im nächsten Schritt sollten diese Daten hinsichtlich verschiedener Risiken untersucht werden. Auf der einen Seite steht die Wahrung des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte. Auf der anderen Seite stehen die Risiken, die von fehlerhaften Daten ausgehen können.

Es wird von diesem Modul beschrieben, wie eine sogenannte *Risikoanalyse* (s. Abschnitt 2.3.7, S. 30) prinzipiell und an einem konkreten Beispiel vollzogen werden kann sowie worauf dabei zu achten ist.

Wenn die Risiken z. B. durch Änderungen an der Art der Datenaufzeichnung minimiert werden können, muss für die Umsetzung gesorgt werden (s. „Modul: Daten aufzeichnen“ (S. 240)).

Qualität der Datenbasis untersuchen Während sich wenige Vorkommnisse von qualitativen Mängeln in der Datenbasis bereinigen bzw. korrigieren lassen, ist eine Datenbasis, die allgemein eine schlechte Qualität aufweist, nicht für Datenanalysen zu verwenden. In solchen Fällen muss die Datenaufzeichnung grundlegend verbessert werden.

Es wird auf unterschiedliche qualitative Mängel hingewiesen, die es zu untersuchen gilt.

Wenn die Daten qualitative Mängel aufweisen, muss dafür gesorgt werden, dass diese in der Datenaufzeichnung behoben werden. Die Aufzeichnung von Daten wird in dem folgenden Modul behandelt.

10.4.6 Modul: Daten aufzeichnen

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Datenaufzeichnung integrieren“ (S. 202)

Dieses Modul adressiert die folgenden Tätigkeitsfelder des Vorgehensmodells:

- „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren, ggf. Risiken minimieren“
- „Technische und menschliche Umgebung anpassen“

Dieses Modul kommt zum Einsatz, wenn Unvollständigkeiten, verringerbare Risiken und/oder qualitative Mängel in der Datenbasis festgestellt wurden. Die Datenbasis gilt auch als unvollständig, wenn noch gar keine Daten aufgezeichnet werden.

Abhängigkeiten der Datenaufzeichnung Damit eine Analyse bestimmte Ziele erreichen kann, werden Daten benötigt, aus denen der Informationsgewinn generiert werden kann. Werden von der technischen Umgebung diese Daten bisher nicht, nur teilweise oder fehlerhaft aufgezeichnet, gilt es, die technische Umgebung entsprechend anzupassen. Des Weiteren ist die Datenaufzeichnung nicht nur von den Fähigkeiten der technischen Umgebung, sondern auch vom Mitwirken der menschlichen Umgebung – also den Personen – abhängig. Wenn diese die technische Umgebung nicht oder falsch nutzen, können keine bzw. fehlerhafte Daten aufgezeichnet werden. Aus diesem Grund ist es notwendig, den Personen Verhaltenskonventionen zu erklären und zu begründen.

Dieses Modul beschreibt, woraus sich die Abhängigkeiten der Datenaufzeichnung ergeben und welche Grundsätze bei der Datenaufzeichnung beachtet werden sollten.

Technische Umgebung Die technische Umgebung ist das zentrale Werkzeug, mit welchem die Daten aufgezeichnet werden, und kann entsprechend der Analyseabsichten ausgerichtet bzw. angepasst werden.

Die Möglichkeiten und Ausprägungen für technische Umgebungen, Daten aufzuzeichnen sind groß. Hier wird vorrangig eine technische Organisations- und Kollaborationsumgebung betrachtet, deren Entwicklung und Integration durch den Cluster *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* (s. Abschnitt 10.3) unterstützt wird. Dazu beschreibt dieses Modul konzeptionell und konkret (anhand der exemplarischen LLUA) die Datenaufzeichnung in den folgenden Bereichen und geht dabei auf etwaige Risiken ein:

- Organisation und Koordination von Aufgaben
- Arbeitszeiterfassung
- Arten von Tätigkeiten
- Zugriff auf Lehr- und Lernmaterialien
- Kommunikationsstrukturen

Grundlegend lässt sich festhalten, dass für eine Analyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen mittels BI und PM die aufgezeichneten Daten die folgenden generellen Attribute aufweisen sollten:

- Aktion, die ausgeführt wurde
- Person/Programm, die/das die Aktion ausgeführt hat
- Zeitpunkt der Aktion (für PM essenziell)

Verhaltenskonventionen Wie bereits oben erwähnt, wird für eine gute Datenaufzeichnung in einer entsprechenden Organisations- und Kollaborationsumgebung nicht nur die technische Umgebung, sondern auch das Mitwirken der Personen benötigt – bzw. ihre Einhaltung bestimmter Verhaltenskonventionen.

Verhaltenskonventionen existieren in projektbasierten Lehrveranstaltungen auf unterschiedlichen Ebenen (z. B. menschlicher Umgang, Einhaltung der universitären Regeln und Einhaltung der Lehrveranstaltungsregeln). Diese können sowohl implizit existieren als auch explizit benannt werden (z. B. kann für das Bestehen der Lehrveranstaltung die aktive Teilnahme an 12 von 14 Präsenzterminen explizit gefordert werden).

In diesem Modul stehen die Verhaltenskonventionen im Fokus, welche die Datenaufzeichnung betreffen. Es beschreibt, worauf bei der Kreierung und Einführung von Verhaltenskonventionen geachtet werden sollte und wie diese kommuniziert und motiviert werden können.

Nachdem dieses Modul mit der Aufzeichnung der Daten durch die Anpassung der technischen und menschlichen Umgebung betraut wurde, wird vom folgenden Modul die Vorverarbeitung und die Sammlung der aufgezeichneten Daten betrachtet.

10.4.7 Modul: Daten vorverarbeiten und sammeln

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Datenvorverarbeitung und -sammlung integrieren“ (S. 203)

Dieses Modul adressiert das folgende Tätigkeitsfeld des Vorgehensmodells:

- „Daten extrahieren, ggf. transformieren und sammeln“

Nachdem die gewünschte Qualität und Vollständigkeit der Daten hergestellt sowie Risiken identifiziert bzw. vermindert wurden, begleitet dieses Modul die Vorverarbeitung und Sammlung der Daten.

Datenintegrationsprozess Der hier abgedeckte Datenintegrationsprozess besteht grundlegend aus den folgenden drei Schritten:

- Daten extrahieren (E)
- Daten transformieren (T)
- Daten laden (L)

Prinzipiell lassen sich nach dem hier entwickelten und verfolgten Vorgehensmodell für die Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen (s. Abschnitt 10.4.2 und Abschnitt 12.3.1) die beiden gängigen Datenintegrationsprozesse ETL und ELT (s. Abschnitt 2.3.7, S. 29) einsetzen. Aus mehreren Gründen ist für die Entwicklung dieses Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA die Entscheidung gefallen, zunächst nur die konkrete Integration des ETL-Prozesses zu verfolgen. Diese Entscheidung ist in der Nachbereitung für die Lehrveranstaltung „Praktikum: Analyse von Softwareentwicklungsprojekten mittels Process Mining“ (Sommersemester 2019, Universität Hamburg, Abschnitt 2.6.3) auf der Grundlage von gewonnenen Erfahrungen getroffen worden. Die Gründe sind im Folgenden aufgeführt:

- Für die Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen soll sichergestellt werden können, dass nur zuvor geprüfte und ggf. pseudonymisierte bzw. anonymisierte Daten für Analysen herangezogen werden können. Nur genau die beabsichtigten Daten bereitzustellen ist mit dem ETL-Prozess einfacher zu gewährleisten, da nicht wie beim ELT-Prozess alle Rohdaten in die Datensammlung eingepflegt werden, sondern nur ausgewählte [Qlik 2024; Ranjan 2009].

- Dass nur die ausgewählten Daten in die Datensammlung eingepflegt werden, ist jedoch gleichzeitig ein Nachteil des ETL-Prozesses. Zukünftige Anforderungen an Analysen werden von der aufgebauten Datensammlung möglicherweise nicht unterstützt [Haryono u. a. 2020]. Dies erfordert eine Anpassung oder Neuentwicklung von ETL-Prozessen [Ranjan 2009] bzw. deren Implementierungen. Diesen Sachverhalt galt es in der Entscheidung abzuwägen. Nach ersten Untersuchungen stellte sich heraus, dass eine geringe Anpassung eines ETL-Prozesses (wie z. B. das Hinzufügen eines weiteren Feldes in einer Dimension) einen vertretbar großen Aufwand darstellt. Auch z. B. das Hinzufügen einer weiteren Dimension ließ sich vollziehen, ohne den gesamten Prozess neu zu entwickeln. Dennoch ist dieser Punkt weiterhin als Nachteil des ETL-Prozesses zu bewerten. Im Kontext projektbasierter Lehrveranstaltungen überwogen jedoch die Vorteile, nur die wirklich benötigten und ggf. pseudonymisierte bzw. anonymisierte Daten zur Verfügung zu stellen sowie die folgenden Betrachtungen.
- Da projektbasierte Lehrveranstaltungen eine überschaubare Anzahl an Personen beinhalten, ist nicht zu erwarten, dass die aufgezeichneten Daten in naher Zukunft sehr groß werden. Außerdem ist zu erwarten, dass vorrangig strukturierte, relationale Daten von der Organisations- und Kollaborationsumgebung für Analysezwecke aufgezeichnet werden. Für beides ist der ETL-Prozess geeignet [Bartly 2024].
- In der angestrebten Analyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen bestanden zum Zeitpunkt der Entscheidung keine Anforderungen, die eine Analyse bzw. die Bereitstellung der Daten für Analysen in Echtzeit erfordern (vgl. [Gücük 2023]). Somit kann der Vorteil des ETL-Prozesses, eine schnellere Integration der Daten als der ELT-Prozess zu ermöglichen [Haryono u. a. 2020; Qlik 2024], vernachlässigt werden.
- ETL hat den Vorteil, dass es komplexe Datenoperationen in einem grafischen Diagramm ermöglicht [Ranjan 2009]. Aufgrund der eingesetzten Werkzeuge in der Organisations- und Kollaborationsumgebung hat sich gezeigt, dass die Integration der Daten besonders im Transform-Schritt komplexe Datenoperationen notwendig macht.
- Zu dem Zeitpunkt, als diese Entscheidung getroffen wurde, war die Unterstützung (insbesondere im Hinblick auf eine grafische Modellierung der Prozesse) durch uns¹⁹ bekannter Werkzeuge für den ETL-Prozess besser als für den ELT-Prozess.
- Eines der Ziele der oben genannten und der vorherigen sowie nachfolgenden Lehrveranstaltungen war es, eine exemplarische LLUA zu entwickeln und gemeinsam mit den Teilnehmenden zu erproben (vgl. „Lösungsansatz und methodisches Vorgehen“ (S. 9)). Die Teilnehmenden sollten selbst den gesamten Datenanalyseprozess erlernen und praktisch durchführen. Die Implementierung eines ELT-Prozesses benötigt ein tiefes Verständnis der Werkzeuge und Fachkompetenz [Haryono u. a. 2020]. Aus diesen Gründen hatte besonders die Vermittelbarkeit, Erlernbarkeit und Anschaulichkeit einen hohen Einfluss auf diese Entscheidung, da die Erstellung und Ausführung von ETL-Prozessen durch grafische *Open Source* Werkzeuge den Anforderungen entsprechend unterstützt wurde (s. Abschnitt 12.3.6).

Zusammenfassend haben in diesem Kontext die Vorteile des ETL-Prozesses stärker gewogen als die Vorteile des ELT-Prozesses. Zusätzlich wurden die Nachteile des ETL-Prozesses nicht als Ausschlusskriterium bewertet. Durch die Verwendung dieses Rahmenwerks

¹⁹Veranstaltende der genannten Lehrveranstaltung

und des vorgestellten Vorgehensmodells ist der Einsatz eines ELT-Prozesses dennoch nicht blockiert.

Werkzeuge Das Ziel ist es, eine geeignete Softwareanwendung in die exemplarische LLUA zu integrieren, damit die einzelnen Schritte des ETL-Prozesses nicht mehr manuell von den Personen durchgeführt werden müssen. Des Weiteren wird eine automatisierte Lösung integriert, die eine kontinuierliche Aktualisierung der Daten im *Data Warehouse* (DWH) in definierten Intervallen ermöglicht. Dadurch wird der gesamte Prozess automatisch ausgeführt. Dies ist ein typisches Beispiel dafür, inwiefern technische Agenten die angebotenen Dienste und Tätigkeiten von menschlichen Agenten übernehmen bzw. erfüllen können.

Wie bereits oben angestrebt, wird zur Umsetzung des ETL-Prozesses die Integration eines grafischen Werkzeugs unterstützt, welches die Implementierung gesamter ETL-Prozesse in einem bzw. mehreren Prozess-Diagrammen ermöglicht. Des Weiteren werden für dieses Werkzeug konkrete ETL-Prozesse bereitgestellt, um die Implementierungen nachzuvollziehen und ggf. zu übernehmen (bei einer ähnlichen LLUA, wie der hier exemplarisch entwickelten, lassen sich die Transformationen nutzen, um schnelle Ergebnisse zu erzielen).

Daten extrahieren Von diesem Modul werden mögliche Datenquellen aufgezeigt. Nach der Auswahl eines konkreten Werkzeugs, wird außerdem beschrieben, wie dieses dazu genutzt werden kann, Daten aus Quellen zu extrahieren.

Daten transformieren Das Vorgehen für das Daten transformieren wird prinzipiell beschrieben, da dieses grundlegend von den verwendeten Daten und dem zu kreierenden Schema abhängt. Dieser Vorgang wird dabei in zwei Bereiche geteilt: Daten verknüpfen (sortieren, selektieren, zusammenführen) und Daten bereinigen (pseudonymisieren/anonymisieren, Fehler korrigieren, Formate vereinheitlichen, fehlende Werte ergänzen). Zu beiden werden ergänzend konkrete Beispiele gegeben, um einen Lösungsansatz mit dem ausgewählten Werkzeug zu präsentieren.

Daten laden Nachdem dieses Modul das Laden der Daten prinzipiell betrachtet, berücksichtigt es die speziellen Anforderungen und Unterschiede beim Laden der Daten für die beiden Disziplinen BI und PM. Es wird also auf der einen Seite beschrieben, wie Daten in ein Data Warehouse (DWH, für BI) geladen werden können. Auf der anderen Seite wird beschrieben, wie die Daten in Form einer Datei (für PM) bereitgestellt werden können. Anhand des ausgewählten Werkzeugs wird außerdem gezeigt, wie sich diese beiden Varianten die gleichen *Extract* und *Transform* Abschnitte teilen und sich nur im *Load* Abschnitt unterscheiden. So bleiben die Anpassungen in dem ETL-Prozess möglichst gering.

Zum Befüllen des DWH müssen prinzipiell die folgenden drei Aktionen erfolgen:

- Aufteilen des *Data Streams*²⁰ in die Faktentabelle(n) und die Dimensionstabellen (im Fall eines solchen Schemas)
- Anlegen des Datenbankschemas (z. B. Sternschema) im DWH
- Einfügen/Updaten der Daten ins/im DWH

²⁰Als *Data Stream* wird der Fluss der Daten im grafischen Modellierungswerkzeug bezeichnet.

Im Gegensatz dazu, muss für die Erstellung einer PM-kompatiblen Datei der Data Stream nicht aufgeteilt, sondern als flache Tabelle in die Datei geschrieben werden. Während die DatenvisualisiererIn für die Durchführung von BI-Analysen Zugang zum DWH erhält, wird ihr für PM-Analysen diese Datei zum Download bereitgestellt.

Dieses Modul deckt den letzten Schritt vor dem Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten ab. Derartige Analysen werden von dem folgenden Modul erläutert.

10.4.8 Modul: Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Faktenanalysen integrieren & Verhaltensanalysen integrieren“ (S. 204)

Dieses Modul adressiert das folgende Tätigkeitsfeld des Vorgehensmodells:

- „Analysen durchführen“

Nachdem die Daten vorverarbeitet und gesammelt wurden, unterstützt dieses Modul die Analyse von Fakten, Strukturen und Verhalten.

Allgemeines Vorgehen Das Vorgehen beim Analysieren von Fakten, der Strukturen und des Verhaltens sowie die dazu einzusetzenden Analysedisziplinen können in projektbasierten Lehrveranstaltungen von den Analysefragen abhängen. Darüber hinaus gibt es verschiedene Wege, die zum Ziel führen können. Aufgrund der Individualität projektbasierter Lehrveranstaltungen und der Ziele, die durch die Analysen erreicht werden sollen, kann von diesem Modul ein allgemeines Vorgehen nur abstrakt beschrieben werden. Außerdem ist die Durchführung von Analysen ein Handwerk, das erlernt werden muss und nicht für etwaige individuelle Fälle erläutert werden kann. Um eine Orientierung zu bieten, werden einige Darstellungsformen besprochen sowie die Durchführung konkreter Analysen mittels spezieller Analysedisziplinen und Werkzeugen beispielhaft beschrieben. Dadurch werden ein Einstieg geboten und es werden grundlegende Fähigkeit vermittelt, auf welche anschließend persönlich aufgebaut werden kann. Zu diesem Zweck werden von diesem Modul Materialien zusammengestellt, die für den Einstieg hilfreich sein können.

Abstrakte Prozedur:

1. Die vorverarbeiteten Daten müssen in die Analysewerkzeuge integriert bzw. diesen als Eingabe zur Verfügung gestellt werden.
 - Je nach Analysewerkzeug könnten unterschiedliche Dateneingaben möglich sein (z. B. direkte Datenbankbindung oder bestimmte Dateiformate).
2. Die Daten müssen verknüpft bzw. beschrieben werden.
 - Je nach Werkzeug und Eingabe können die Datenmodelle (z. B. Relationen zwischen Tabellen/Dateien) definiert oder die einzelnen Attribute beschrieben werden, damit das Werkzeug versteht, wie es die Daten verknüpfen/interpretieren soll.
3. Analysen durchführen
 - adäquate Darstellungsformen (Diagrammtypen) wählen, Daten zueinander in Beziehung setzen und filtern

Disziplinen und Techniken Prinzipiell ließe sich ein breites Spektrum an Analysedisziplinen zur Untersuchung von projektbasierten Lehrveranstaltungen einsetzen (vgl. Abschnitt 3.3.1). Um dieses Spektrum – im Sinne einer zielgerichteten Forschung – stark einzugrenzen, wurde im Zuge der Verfeinerung der Hypothese H02 (s. Seite 93) folgende Subhypothese aufgestellt: „In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können die Veranstaltenden/Teilnehmenden für die visuelle Analyse von Fakten, Strukturen und Verhalten die beiden Disziplinen *Business Intelligence*[..] und *Process Mining*[..] einsetzen.“ [Seite 94] Warum die Wahl auf diese beiden Disziplinen gefallen ist, wird im Folgenden begründet.

In der oben genannten Subhypothese wird sich auf den Teil der BI bezogen, welcher sich mit der Analyse und Darstellung von Daten befasst. BI bietet eine Vielzahl von Methoden und Werkzeugen, um Daten visuell darzustellen und verständlich zu präsentieren. Durch die visuelle Darstellung können Trends und Entwicklungen erkannt bzw. anschaulich nachvollzogen werden. Die Ergebnisse solcher Analysen können mittels sogenannter *Dashboards* beschrieben und veröffentlicht werden. Einige BI-Werkzeuge bieten die Möglichkeit, durch hierarchische Daten zu navigieren (*drill-down*, *roll-up*) und die Daten in einzelne Segmente einzuteilen. Dies unterstützt dabei, aufbauend auf größeren Analysen, detailliertere Analysen durchzuführen (eine Verfeinerung, wie in Abschnitt 10.4.4 vorgeschlagen) und so ggf. weitere Informationen zu generieren und Sachverhalte genauer zu untersuchen bzw. zu verstehen.

Um das Verhalten von Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen zu verstehen, ist es hilfreich, deren Prozesse zu untersuchen (vgl. [Mittal und Sureka 2014]). Mittels PM können diese Prozesse erhoben und analysiert werden, wie die einzelnen Personen mit ihrer technischen und menschlichen Umgebung interagieren. Durch die Analyse der Prozesse können mittels PM Abweichungen in den extrahierten oder zu vorgesehenen Prozessen gefunden (*Conformance*) und dadurch ggf. Probleme identifiziert werden. Die Möglichkeit PM auf unterschiedlichen Ebenen (von einzelnen Aufgaben bis hin zu aller Interaktionen mit der technischen Umgebung) anwenden zu können, bietet das Potenzial, die Personen sowohl strategisch als auch operativ zu unterstützen. Zur Analyse der sozialen Netzwerke kann außerdem eine Unterart des PM namens *Social Mining* herangezogen werden. Dadurch kann untersucht werden, wie sich z. B. spezielle Konstellationen von Personen auf die Ergebnisse auswirken.

Bei der Auswahl der Disziplinen wurden die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse und die Tatsache, (zunächst) keine Vorhersagen zu treffen, besonders stark berücksichtigt. Unter Anderem soll eine LLUA dafür eingesetzt werden, Veranstaltenden und Teilnehmenden Anpassungsvorschläge für ihre Arbeitsweisen zu geben. Der Autor dieser Arbeit und die Veranstaltenden der untersuchten Lehrveranstaltungen vertreten den Standpunkt, dass es besonders in der Lehre wichtig ist, solche Anpassungsvorschläge nachvollziehbar zu erstellen und zu wissen, auf welcher Grundlage sie erzeugt wurden. Aus diesem Grund wurde der Einsatz von z. B. *Machine Learning* Ansätzen im Kontext dieser Arbeit nicht erprobt²¹. Erschwerend hinzu kommt, dass für das Training von Machine Learning Modellen große Datenmengen benötigt werden, um verlässliche Ergebnisse zu erzielen (vgl. [Burkov 2019]). Diese sind – gerade zu Beginn des Einsatzes einer LLUA – nicht zu erwarten.

²¹Bestrebungen, die Transparenz von *Deep Learning* und *Künstliche Intelligenz*-Systemen zu erhöhen, werden z. B. zurzeit unter dem Schirm des *TRAIL* Projekts [*TRAIL: TRAnSPARENT, Interpretable Robots* 2024] vollzogen.

Da dieses Rahmenwerk auch Einsteigende bei der Analyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen unterstützt, die bisher noch keine Daten aufzeichnen oder auswerten, wurden außerdem auch keine anderen prädiktiven Methoden (wie z. B. statistische Verfahren, wie Regressionsanalysen oder Entscheidungsbäume) explizit integriert. Der Autor dieser Arbeit und die Veranstaltenden der untersuchten Lehrveranstaltungen sind der Meinung, dass es zunächst wichtig ist, Erfahrungen im Umgang mit Daten und bei der Datenanalyse zu sammeln, bevor automatisierte Vorhersagen generiert und genutzt werden. Dadurch soll den Personen das Verständnis der Daten, ihre möglichen Fehler/Mängel, ihre Risiken sowie die Verantwortung, die damit einhergeht bewusst werden.

Dieses Modul beschreibt beispielhaft, wie die beiden Disziplinen BI und PM in projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden können.

Darstellungsformen Dieses Modul benennt und beschreibt die gängigen Darstellungsformen der beiden ausgewählten Analysedisziplinen.

Werkzeuge Für beide Disziplinen werden Werkzeuge ausgewählt und ihre Integration in eine LLUA beschrieben. Außerdem stellt dieses Modul einige Materialien bereit, die den Einstieg in diese Werkzeuge unterstützen.

Konkrete Beispiele Um das prinzipielle Vorgehen beim Analysieren zu verdeutlichen, werden konkrete Analysefragen mittels beider Disziplinen untersucht. In diesem Zuge wird die konkrete Verwendung der ausgewählten Werkzeuge erläutert und beschrieben, wie mit diesen Werkzeugen die Analysefragen Schritt für Schritt untersucht werden können. Die Beispiele werden so konzipiert, dass sie in einer entsprechenden Umgebung reproduziert werden können.

In diesem Modul wurde die Analyse der Daten betrachtet. Im folgenden Modul die Bewertung und Interpretation der Analysen abgedeckt.

10.4.9 Modul: Analysen bewerten und interpretieren

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Interpretation, Kommunikation und Nutzen der Analysen integrieren“ (S. 205)

Dieses Modul adressiert die folgenden Tätigkeitsfelder des Vorgehensmodells:

- „Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen“
- „Interpretation der Analyseergebnisse“

Nachdem die Analysen durchgeführt wurden, unterstützt dieses Modul die Bewertung und die Interpretation der Analyseergebnisse.

Qualität und positiven Nutzen sicherstellen Eine wichtige Voraussetzung für den gewinnbringenden Einsatz der Analysen ist, die Qualität (also die Richtigkeit) der Analysen sowie den positiven Nutzen sicherzustellen. Zu diesem Zweck schlägt dieses Modul ein Vorgehen sowie einige Fragen vor, die dabei unterstützen, Fehler in den Analysen zu identifizieren. Es wird prominent auf die Gefahren fehlerhafter Analysen hingewiesen und somit eine kritische Überprüfung motiviert. Außerdem weist dieses Modul darauf hin, dass

zu überprüfen ist, ob die Analysefragen von den Analysen adäquat adressiert werden und ob der Datenschutz und die Persönlichkeitsrechte gewahrt sind. Dabei stellt dieses Modul keine rechtliche Beratung dar, sondern dient lediglich dem freundlichen und erfolgreichen Einsatz der Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen. Von diesem Modul werden Beispiele konkreter BI- und PM-Analysen gegeben, an denen die oben aufgeführten Aspekte besprochen werden.

Interpretation Die Interpretation von Analysen gewinnbringend zu vollziehen, hängt von vielen individuellen Faktoren ab. Es wird jeweils ein prinzipielles Vorgehen vorgeschlagen und anhand von Beispielen konkrete Szenarien betrachtet sowie die Erfahrungen geteilt, welche die Veranstaltenden und Teilnehmenden im Kontext der Entwicklung des Rahmenwerks in diesen gemacht haben. In diesem Zuge wird auf allgemeine Einflussfaktoren hingewiesen, die während dieser Tätigkeiten zu beachten sind, um z. B. Fehlschlüsse beim Interpretieren oder aufkommenden Unmut unter den Teilnehmenden durch eine ungeschickte Kommunikation zu vermeiden.

Des Weiteren schlägt dieses Modul ein mehrschrittiges Vorgehen für die Interpretation vor und erläutert dieses anschließend an den bereits oben genannten BI und PM-Analysen.

Durch die Nutzung dieses Moduls werden die analysierenden Personen in der Bewertung und Interpretation der Analysen unterstützt. Das nächste Modul befasst sich mit der Kommunikation der interpretierten Analyseergebnisse sowie der Reflexion, vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse.

10.4.10 Modul: Kommunikation und Reflexion

Dieses Modul adressiert die folgenden Gruppen von Anforderungen:

- „Interpretation, Kommunikation und Nutzen der Analysen integrieren“ (S. 205)
- „Dokumentation der Analyse- und Reflexionsprozesse integrieren“ (S. 205)

Dieses Modul adressiert das folgende Tätigkeitsfeld des Vorgehensmodells:

- „Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen“

Im Anschluss an die Bewertung und Interpretation der Analysen sollten die Ergebnisse gewinnbringend eingesetzt werden. Zu diesem Zweck unterstützt dieses Modul auf der einen Seite die Kommunikation dieser Ergebnisse und auf der anderen Seite die (Selbst-) Reflexion der Veranstaltenden und Teilnehmenden.

Kommunikation Die Kommunikation der Interpretationsergebnisse kann auf verschiedene Weise erfolgen. Für die Kommunikation werden Formen der Veröffentlichung²² und Hinweise zum gemeinsamen Besprechen präsentiert. Im Bereich Kommunikation deckt dieses Modul also die folgenden Tätigkeiten ab:

- Veröffentlichen von Analyseergebnissen und Anpassungsvorschlägen
- Offene Besprechung der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge
- ggf. aufgestellte Hypothesen durch Erfragen untersuchen

²²Hier ist immer eine interne Veröffentlichung gemeint, zu der lediglich die Beteiligten einer Lehrveranstaltung Zugang haben.

Dieses Modul hält fest, welche Formen der Veröffentlichung von Teilnehmenden in den untersuchten Lehrveranstaltungen als am geeignetsten empfunden wurden. Dazu werden unterschiedliche Formen erprobt und durch eine Umfrage evaluiert.

Es ist wichtig, die Besprechung der Analyseergebnisse und abgeleiteten Anpassungsvorschläge zu ermöglichen. Die Besprechung dient nicht nur dazu, dass die analysierten Personen Fragen stellen können, um Unklarheiten zu beseitigen. Sie dient auch dazu, dass sie Feedback äußern können. Zu diesem Zweck schlägt dieses Modul Fragen vor, die den Feedback-Prozess unterstützen können. Außerdem wird deutlich darauf eingegangen, dass eine Besprechung der Ergebnisse und eine Feedback-Runde dazu führen können, dass Pseudonyme aufgeschlüsselt werden. Dies wird an einer konkreten Analyse beispielhaft gezeigt.

Für eine erste Untersuchung von Hypothesen (die z. B. während der Interpretation aufgestellt wurden), kann es hilfreich sein, mit den analysierten Personen zu sprechen, anstatt sofort weitere Datenanalysen zu initiieren. Auch in diesem Zusammenhang wird anhand einer konkreten Analyse auf das Risiko hingewiesen, dass eine solche Befragung bergen kann (Aufschlüsseln von Pseudonymen).

Selbstreflexion Die aktive und bewusste Selbstreflexion soll dazu beitragen, dass die analysierten Personen sich mit den Analyseergebnissen und den Anpassungsvorschlägen auseinandersetzen, um ihr eigenes Verhalten zu hinterfragen, bestätigt zu sehen oder anzupassen. Zu diesem Zweck werden von diesem Modul einige Fragen und Handlungsempfehlungen präsentiert, die sich zur Förderung der Selbstreflexion als hilfreich erwiesen haben.

In diesem Abschnitt wurden der Cluster *Unterstützung der Datenanalyse* in Module eingeteilt und die Inhalte dieser konzeptionell besprochen. Im folgenden Abschnitt wird der Cluster für die „Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs“ bearbeitet.

10.5 Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA

Die Anforderungen an diesen Cluster wurden in Abschnitt 4.4 grob und in Abschnitt 9.3.5 detailliert beschrieben. Teile dieses Clusters adressieren die Untersuchung der Forschungsfrage F01²³, Forschungsfrage F02²⁴ und Forschungsfrage F03²⁵ sowie ihrer Subfragen (s. Abschnitt 4.1). Hier werden die Aufgaben und die Mittel für diesen Cluster konzipiert, die in der Ausgestaltung der Inhalte benutzt und konkret angewendet werden. Dazu wird dieser Cluster in die folgenden Module gegliedert:

- Entwicklung einer LLUA
- Setup der Komponenten einer LLUA
- Konfiguration der Komponenten einer LLUA

²³Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Planen, Koordinieren und Überblicken ihrer eigenen Tätigkeiten und denen der anderen Personen unterstützt werden?

²⁴Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Reflektieren ihres eigenen Verhaltens und des der anderen Personen mittels Datenanalyse unterstützt werden?

²⁵Inwiefern kann die Datenanalyse für die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen einen Mehrwert bieten?

- Wartung der Komponenten einer LLUA

Mit Hilfe dieses Clusters können Veranstaltende eine LLUA technisch entwickeln und betreiben. Somit adressiert dieser Cluster alle Bereiche einer LLUA (s. „Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“ (S. 157)). Dazu beschreibt er, aus welchen technischen Komponenten eine LLUA bestehen sollte, wozu die einzelnen Komponenten dienen und was zur Umsetzung prinzipiell benötigt wird. Dabei greift er auf die vorangegangenen Cluster zurück und integriert sowohl Komponenten zur Unterstützung der Organisation und Kollaboration sowie der Datenanalyse.

Außerdem beschreibt dieser Cluster die hier entwickelte exemplarische LLUA, deren Installation sowie Betrieb. Hinzu kommen technische Instruktionen und Artefakte (wie z. B. Konfigurationsdateien), um die exemplarische LLUA selbst (schneller) realisieren zu können.

10.5.1 Modulübergreifende Inhalte

Die im Folgenden konzipierten Module adressieren jeweils in ihrem Kontext die Gruppen von Anforderungen „Definition der Ziele und Herausforderungen beim Ausgestalten und Betreiben einer LLUA“ (s. Seite 207) sowie die „Definition der Anforderungen an eine LLUA (Betrieb)“ (s. Seite 207).

Zur Erfüllung dieser Anforderungen nutzen die Module die Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf MAS. Den einzelnen Rollen werden die erhobenen Ziele und Herausforderungen zugeordnet. Anschließend werden daraus die Anforderungen abgeleitet, die sie an ihre Umgebung stellen. Die korrespondierenden Inhalte wurden bereits in Abschnitt 6.1.2 bzw. Abschnitt 9.3.5 vorgestellt. In diesem Zuge wurde der zuvor beschriebene Teil „Modellierung der menschlichen Umgebung“ des *Konzepts der Abbildung* von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (s. Seite 220) eingesetzt.

Da diese Inhalte modulübergreifend sind, werden sie bei der folgenden Beschreibung der Module nicht erneut aufgegriffen.

10.5.2 Modul: Entwicklung einer LLUA

Dieses Modul adressiert die folgenden Gruppen von Anforderungen:

- „Technische Kopplung und Integration der Dienste und Softwareanwendungen unterstützen“ (S. 208)
- „Eine LLUA ausgestalten und einsetzen“ (S. 209)

Dieses Modul überspannt die konzeptionelle sowie konkrete (exemplarische) Entwicklung einer LLUA. Dazu beschreibt es, wie die systematische Betrachtung (s. Kapitel 5) zur Erhebung der Ziele und Herausforderungen einer LLUA eingesetzt werden kann und unterstützt deren Durchführung (wie bereits in Abschnitt 6.1 präsentiert).

Anschließend stellt es auf dieser Basis die Skizze einer LLUA bereit (diese wurde bereits in Abschnitt 7.1 vorgestellt) und unterstützt daraufhin die Definition der Anforderungen an eine LLUA (wie bereits in Abschnitt 9.2 gezeigt). Die Konzeption und Spezifikation der einzelnen Bereiche einer LLUA (Planung & Durchführung, Kommunikation & Kollaboration, Analyse, Reflexion) werden zwar an die Cluster *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* sowie *Unterstützung der Datenanalyse* delegiert, jedoch integriert

dieser Cluster diese abschließend in einem groben technischen Entwurf (konzeptionelle Entwicklung). Darauf folgt zusätzlich ein feiner technischer Entwurf, welcher die konkrete Entwicklung der exemplarischen LLUA darstellt. In diesem Zuge werden die zuvor beschriebenen Teile „Modellierung der technischen Umgebung“ und „Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen“ des *Konzepts der Abbildung* von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (s. Seite 220) eingesetzt.

Dieses Modul weist außerdem darauf hin, dass bei der Wahl der spezifischen Dienste, Softwareanwendungen und Werkzeuge im feinen Entwurf, auf Kompatibilität der einzelnen geachtet werden muss. Wenn die Komponente für die Datenverarbeitung z. B. nicht auf die Daten der Komponenten für die Organisation & Kollaboration zugreifen können (weil z. B. entsprechende Adapter fehlen und nicht entwickelt werden können), so ist dies ein Ausschlusskriterium für das eine oder die anderen.

Grober technischer Entwurf einer LLUA In Abbildung 10.9 ist das Konzept bzw. der grobe technische Entwurf einer LLUA grafisch dargestellt. Die Erläuterungen, warum diese Tätigkeitsbereiche durch solche (konzeptionellen) Werkzeuge unterstützt werden und was diese abdecken sollten, sind in den beiden oben genannten Clustern²⁶ zu finden.

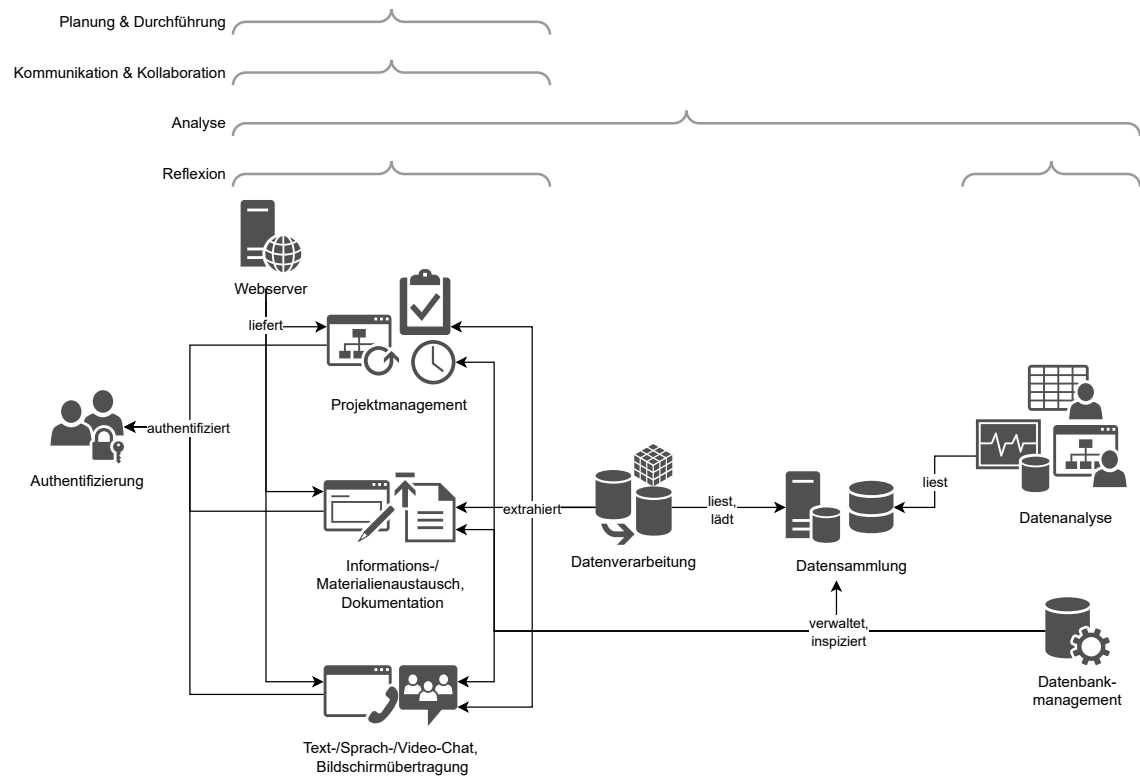


Abbildung 10.9: Der grobe technische Entwurf bzw. das Konzept einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten sowie deren Verortung in den zuvor definierten Bereichen einer LLUA (mit geschwungenen Klammern, s. Abschnitt 7.1).

²⁶ „Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration“ (S. 270) und „Cluster: Unterstützung der Datenanalyse“ (S. 233)

Oben links in Abbildung 10.9 ist ein Webserver platziert, der den Benutzenden die Komponenten für das Projektmanagement, den Informations-/Materialaustausch und der Dokumentation sowie zur Text-/Sprach-/Video-Chat und Bildschirmübertragung zugänglich macht. Die Benutzenden authentifizieren sich bei den einzelnen Komponenten, welche wiederum auf einen zentralen Authentifizierungsdienst zugreifen (links). Um die von den Benutzenden erzeugten Daten zu Analysezwecken aufzubereiten und nutzbar zu machen, werden die Daten verarbeitet (mittig) und dabei in Form einer Datensammlung bereitgestellt (mittig-rechts). Die Datensammlung sowie die Daten der Komponenten für die Planung & Durchführung sowie die Kommunikation & Kollaboration können mittels einer Datenmanagementkomponente (unten rechts) organisiert und inspiziert werden. Die Datenanalysekomponente (oben rechts) greift ebenfalls auf die bereitgestellte Datensammlung zu.

Dieses Modul unterstützt prinzipiell und konkret bei der Entwicklung einer konzeptionellen und der exemplarischen LLUA. Das folgende Modul befasst sich mit dem Setup einer LLUA.

10.5.3 Modul: Setup der Komponenten einer LLUA

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen“ (S. 208)

Nachdem das vorherige Modul bei der (Vor-)Auswahl der konzeptionellen und konkreten Komponenten unterstützt hat, befasst sich dieses Modul mit den technischen Fragen, zur Realisierung einer LLUA. In diesem Kontext müssen u. a. die folgenden Entscheidungen getroffen werden:

- Wo werden die jeweiligen Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste bereitgestellt? Werden sie z. B. über mehrere realen Hosts verteilt oder kommen zusätzlich VMs zum Einsatz und wenn ja, auf welchen Hosts werden sie bereitgestellt? Oder sind es Softwareanwendungen und Werkzeuge, die auf Endgeräten installiert werden müssen?
- Wie viele Ressourcen (z. B. Prozessorleistung/-kerne, Arbeitsspeicher und Festplattenkapazität) werden für die Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste benötigt und wie können diese Ressourcen erhalten werden?
- Sollen die Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste in z. B. Docker-Containern²⁷ (vgl. Seite 43) betrieben oder ohne weitere Ebene direkt auf einem Host/Client/in einer VM eingerichtet werden?
- Welche Betriebssysteme sollen auf den Hosts/in den VMs zum Einsatz kommen?
- Wie kann sichergestellt werden, dass die Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste, die miteinander gekoppelt werden müssen, miteinander kommunizieren können?
- Von wo aus müssen die Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste für die Endbenutzer erreichbar/nutzbar sein?
- Wie sollen Backups der Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste erstellt werden? Wo sollen diese Backups gelagert werden? Müssen die Backups aufgrund ihres Lagerorts/der Übertragung verschlüsselt werden?

²⁷<https://www.docker.com/resources/what-container/>, besucht am 31.01.2024

Wie diese Fragen bei der Entwicklung der exemplarischen LLUA beantwortet und entsprechende Entscheidungen getroffen wurden, wird von diesem Modul genauer erörtert.

Außerdem wird hier die konkrete Durchführung des Setups der Komponenten der exemplarischen LLUA beschrieben. Zu diesem Zweck werden technische Artefakte bereitgestellt, die das Aufsetzen einiger Komponenten unterstützen.

10.5.4 Modul: Konfiguration der Komponenten einer LLUA

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen“ (S. 208)

Dieses Modul beschreibt die konzeptionelle sowie konkrete (exemplarische) Konfiguration der Komponenten einer LLUA. Dazu werden hier die folgenden Tätigkeitsfelder gezählt:

- Konfiguration der Erreichbarkeit einer Komponente (z. B. aus dem Internet, eines VPNs und eingeschränkt auf einzelne BenutzerInnen)
- Verwaltung der Rechte (für Gruppen oder einzelne BenutzerInnen)
- Kopplung/Integration mit den anderen Komponenten (z. B. Zugriffe auf Datenbanken und sonstige Verknüpfungen/Einbindungen)
- Anpassung der Komponente an individuelle Bedürfnisse/Anforderungen (z. B. auch unter Berücksichtigung der Datenaufzeichnung)

Die Möglichkeiten der Konfiguration sind vielfältig und können von diesem Modul nicht in Gänze abgedeckt werden. Dieses Modul beschreibt jedoch Varianten der Konfiguration und Integration (z. B. grafische Oberflächen und Konfigurationsdateien) die je nach Wissensstand/Interesse/verfügbarer Zeit abgewogen und bei der Wahl der konkreten Ausprägung der Komponenten miteinbezogen werden sollten.

Für die exemplarische LLUA wird dieses Modul konkrete Beispiele und Beschreibungen geben, wie diese Absichten konfiguriert werden können.

10.5.5 Modul: Wartung der Komponenten einer LLUA

Dieses Modul adressiert die folgende Gruppe von Anforderungen:

- „Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen“ (S. 208)

Dieses Modul beschreibt die konzeptionelle sowie konkrete (exemplarische) Wartung der Komponenten einer LLUA. Dazu werden hier die folgenden Tätigkeiten gezählt:

- Aktualisieren
- Probleme beheben
- Backups durchführen
- Ressourcennutzung überwachen bzw. Telemetrie (wird hier nicht weiter betrachtet, um den Umfang zu begrenzen)

Aktualisieren Beim Aktualisieren der einzelnen Komponenten ist prinzipiell zwischen mehreren Ebenen zu unterscheiden:

- Verfügbare Ressourcen
- Betriebssystem des Hosts/der VM/des Containers
- Packages/Libraries auf dem Host/der VM/des Containers
- Softwareanwendungen/Werkzeuge/Dienste
- Plugins/Add-ons für die Softwareanwendungen/Werkzeuge/Dienste

Die tatsächlichen Tätigkeiten hängen maßgeblich von den eingesetzten Softwareanwendungen, Werkzeugen und Diensten ab, welche Abhängigkeiten diese haben und mit welchen Betriebssystemen bzw. Technologien sie kompatibel sind. Was das Aktualisieren jedoch auf allen Ebenen gemein hat: die Abhängigkeiten der angrenzenden Ebenen sollten hinsichtlich der Kompatibilität geprüft werden. Hinzu kommen Lizenzen und Zertifikate, die vor dem Ende ihrer Gültigkeit erneuert oder ersetzt werden müssen.

Probleme beheben Prinzipiell können auf allen oben genannten Ebenen Probleme auftreten, die behandelt werden müssen. Probleme müssen nicht im Zuge einer Aktualisierung auftreten, sondern können auch im laufenden Betrieb, durch z. B. das Hinzufügen neuer Bestandteile oder einer anderen Konfiguration bestehender Bestandteile auftreten. Je nach Ebene können die Probleme und deren Auswirkungen unterschiedlich kritisch sein und erfordern somit eine angemessene Reaktion der wartenden Personen (AdministratorIn).

Backups durchführen Ein wichtiger Bestandteil der Wartung einer Umgebung ist die Durchführung und Organisation von (automatisierten) Backups. Die Einrichtung eines Backups ist Teil des Moduls „Setup der Komponenten einer LLUA“. Die Möglichkeiten variieren auch hier je nach eingesetzten Softwareanwendungen, Werkzeugen, Diensten und Technologien. Während einige ein Backup und *Restore* via „Knopfdruck“ ermöglichen, muss der Zustand anderer auf Datei- und/oder Datenbankebenen gesichert werden.

Bei der Wahl der grundlegenden Backup-Strategie (vollständig, differenziell, inkrementell) sollten die erwarteten Datenmengen und die zeitliche Verfügbarkeit für den Backup-Vorgang berücksichtigt werden. „Wie oft soll das Backup durchgeführt werden?“, „Wohin soll das Backup transferiert werden?“ und „Muss das Backup verschlüsselt werden?“ sind weitere Fragen, die es zu erörtern gilt. Dieses Modul unternimmt nicht den Versuch eine geeignete Backup-Strategie vorzuschlagen, stellt jedoch eine konkrete Lösung für die exemplarische LLUA vor, die sich bewährt hat.

Ressourcennutzung überwachen bzw. Telemetrie Für eine produktive Umgebung ist es sinnvoll eine Art der Überwachung einzurichten bzw. telemetrische Daten zu sammeln und auszuwerten. Auch diese könnten im weiteren Verlauf als Daten für die Analyse projektbasierter Lehrveranstaltung genutzt werden. Da der Bereich Telemetrie ein sehr umfangreiches Feld ist, soll dieser von diesem Modul jedoch nicht konkreter betrachtet werden. Vor dem Hintergrund dieser Arbeit ist das ein weiteres Forschungsfeld, das es in Zukunft lohnen würde zu untersuchen.

10.6 Zusammenfassung

Die Architektur des Rahmenwerks definiert seine grundlegende Struktur. Diese besteht hierarchisch aus Clustern, Modulen und Komponenten. Das Rahmenwerk wird in die folgenden vier Cluster eingeteilt: *Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen*, *Unterstützung der Organisation und Kollaboration*, *Unterstützung der Datenanalyse* und *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA*. Für jeden Cluster wurden Module konzipiert und die geforderten Inhalte eines jeden Clusters auf diese aufgeteilt.

Die hervorzuhebenden Ergebnisse der Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks sind:

- Projektbasierte Lehrveranstaltungen wurden auf Multiagentensysteme (MAS) abgebildet. Zu diesem Zweck wurde ein Prozess entwickelt, wie vor diesem Hintergrund die technische sowie menschliche Umgebung modelliert und beide Modelle integriert werden können. Außerdem wurde eine rudimentäre, konzeptionelle Integration der MULAN- und BDI-Agenten vorgenommen.
- Die Abbildung auf MAS wurde genutzt, um die Ziele und Herausforderungen in der Lehre und beim Lernen sowie in der Datenanalyse zu erheben. Anschließend wurden auf dieser Grundlage die Anforderungen an eine LLUA systematisch definiert.
- Es wurde erarbeitet, wie das Rahmenwerk die Organisation und Kollaboration in projektbasierten Lehrveranstaltungen unterstützt. Zu den betrachteten Themenbereichen zählen: Projekte, Aufgaben, Arbeitszeit und -aufwand, Ergebnisse, Dokumentation, verteilte Kommunikation, verteilte Koordination, verteilter Informations- und Datenaustausch sowie verteilte Erstellung gemeinsamer Ergebnisse.
- Im Kontext der Datenanalyse wurde ein schematisches Vorgehensmodell entwickelt, welches speziell auf die Bedürfnisse von projektbasierten Lehrveranstaltungen angepasst ist. In diesem Zuge wurden – nach dem Vorbild der zuvor definierten Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf MAS – Rollen in der Datenanalyse identifiziert. Für diese wurden Ziele und Herausforderungen erhoben sowie Anforderungen definiert.
- Im Anschluss wurden die einzelnen Tätigkeitsblöcke des Vorgehensmodells von Modulen adressiert und erörtert, was bei der Gestaltung ihrer Inhalte zu beachten ist. Die Module decken den gesamten Datenanalyseprozess ab und unterteilen diesen in thematisch zusammenhängende Bereiche.
- Des Weiteren wurde die konzeptionelle LLUA grob, mit ihren grundlegenden Komponenten entwickelt und es wurde beschrieben, in welchen Bereichen das Rahmenwerk das Setup, die Konfiguration und die Wartung einer LLUA unterstützen wird.

Wie die hier konzipierten Inhalte des Rahmenwerks den BenutzerInnen (Veranstaltenden und Teilnehmenden) zur Verfügung gestellt werden, ist Bestandteil des folgenden Kapitels.

11 Bereitstellung des Rahmenwerks

Wie bei der Definition der Anforderungen an das Rahmenwerk erwähnt, wurde die Bereitstellung des Rahmenwerks aus den vorangegangenen Kapiteln ausgegliedert (s. Seite 193). Hier wird diese gesondert betrachtet. Dazu werden zunächst die Anforderungen an die Bereitstellung aus der Sicht der BenutzerInnen und der EntwicklerInnen definiert. Im Anschluss wird die Bereitstellung konzipiert, indem ihre Formen und ihr Umfang festgelegt werden. Diese besteht grundlegend aus zwei Teilen:

- die hier vorliegende Dissertationsschrift, welche Hintergrundinformationen, weiterführende Inhalte und Konzepte präsentiert
- ein digitales Handbuch, welches in Form einer Dokumentation (Texte und Grafiken) für die BenutzerInnen als Zugang zu dem Rahmenwerk dient, und in dessen Kontext technische Artefakte bereitgestellt werden

Abschließend werden die Struktur und die Inhalte sowie die technische Umsetzung des Handbuchs beschrieben.

11.1 Anforderungen an die Bereitstellung

Die Anforderungen werden für zwei Rollen definiert, für die BenutzerInnen des Rahmenwerks (Veranstaltende und Teilnehmende von projektbasierten Lehrveranstaltungen) und für die EntwicklerInnen, welche die Bereitstellungen realisieren (vorrangig der Autor dieser Arbeit; teilweise Teilnehmende von vom Autor begleiteten Lehrveranstaltungen).

11.1.1 Anforderungen von BenutzerInnen des Rahmenwerks

BenutzerInnen stellen hier drei Arten von Anforderungen:

- inhaltliche Anforderungen
- technisch funktionale Anforderungen
- technisch nicht-funktionale Anforderungen

Inhaltliche Anforderungen Zunächst müssen die Teile des Rahmenwerks bereitgestellt werden, welche die Entwicklung bzw. Anpassung und Nutzung einer LLUA beschreiben. Dieser Bereich stellt den größten Teil der Inhalte dar.

Des Weiteren müssen die folgenden Themen abgedeckt werden:

- Beschreibung des Kontextes *projektbasierte Lehrveranstaltungen*
- Einordnung des Rahmenwerks in den Kontext
- Benennung der Zielgruppen des Rahmenwerks
- Erläuterung der im Rahmenwerk genutzten Terminologie
- Beschreibung des Aufbaus und der Zusammenhänge der bereitgestellten Texte
- Beschreibung der Benutzung des Rahmenwerks, inkl. einer Erläuterung unterschiedlicher Startpunkte

Technische funktionale Anforderungen Um die Navigation in den bereitgestellten Texten zu unterstützen, müssen den BenutzerInnen die folgenden Funktionen bereitgestellt werden:

- navigierbares Inhaltsverzeichnis, um sich durch die Inhalte zu bewegen
- eine Suchfunktion, um schnell Inhalte aufzufinden
- navigierbare Querverweise in den Texten, die zu den jeweiligen Abschnitten führen

Technische nicht-funktionale Anforderungen Außerdem muss das Rahmenwerk in einer Form bereitgestellt werden, die Folgendes ermöglicht:

- Die bereitgestellten Inhalte müssen über das Internet erreichbar und auf gängigen Geräten angezeigt werden können.
- Die bereitgestellten Inhalte müssen in einem öffentlich zugänglichen Text- bzw. Dateiformat bereitgestellt werden.

11.1.2 Anforderungen von EntwicklerInnen

Die Anforderungen der EntwicklerInnen gliedern sich in zwei Arten:

- technisch funktionale Anforderungen
- technisch nicht-funktionale Anforderungen

Technische funktionale Anforderungen Zur Bereitstellung der Inhalte müssen den EntwicklerInnen die folgenden Funktionalitäten zur Verfügung stehen:

- Erstellung formatierter Texte
- Einbindung von Grafiken
- Erstellung von Referenzen zwischen Abschnitten
- Automatisierte Erzeugung der zu veröffentlichenden Schriftstücke
- Vorschau der erzeugten Schriftstücke in der lokalen Entwicklungsumgebung

Technische nicht-funktionale Anforderungen Darauf beziehend existieren die folgenden Anforderungen:

- Die Erstellung der formatierten Texte muss einfach und leicht erlernbar sein. Sollte eine Textauszeichnungssprache zum Einsatz kommen, ist den EntwicklerInnen nicht zuzumuten z. B. HTML-Code per Hand zu schreiben.
- Die Inhalte sollen aktualisiert und partiell ausgeliefert werden können. Es ist z. B. nicht wünschenswert, eine große Datei bereitzustellen, welche bei Aktualisierungen in Gänze verteilt oder erneut heruntergeladen werden muss.
- Es muss darauf geachtet werden, dass für die Entwicklung und Veröffentlichung aktuelle und zukunftsorientierte Technologien zum Einsatz kommen.
- Kooperatives arbeiten, also z. B. die Zusammenführung von Texten unterschiedlicher Autoren, soll unterstützt werden.
- Für die Inhalte muss ein Versionsmanagement zu Verfügung stehen.
- Die Abhängigkeiten zu Dritten sollen möglichst gering gehalten werden. Unter anderem heißt das, dass die Bereitstellung nicht von anderen als universitären Plattformen abhängig sein soll.

11.2 Konzeption der Bereitstellung

Wie bereits oben erwähnt, besteht die grundlegende Bereitstellung aus zwei Teilen: Diese vorliegende Dissertation und ein digitales Handbuch, in welches technische Artefakte eingebunden werden. Die Konzeption der Bereitstellung erstreckt sich über inhaltliche sowie technische Perspektive.

11.2.1 Inhaltlich

Eine Aufteilung in weitere Teile würde die Benutzung des Rahmenwerks unnötig verkomplizieren, da bei der Nutzung zu häufig der Kontext gewechselt werden müsste und Querverweise an Komplexität gewinnen würden. Bereits die Separierung in zwei Teile ist nicht günstig, allerdings notwendig, um auf der einen Seite ein BenutzerInnen-orientiertes Handbuch bereitzustellen, welches die wissenschaftlichen und konzeptionellen Hintergründe nur in einem notwendigen Ausmaß beinhaltet. Diese sowie weiterführende Überlegungen und Inhalte verbleiben ausschließlich in der vorliegenden Dissertationsschrift und werden in dem Handbuch implizit angewendet und teilweise referenziert.

Auf der anderen Seite werden z. B. Anleitungen und Instruktionen zu konkreten Werkzeugen oder praxisrelevante Hinweise ausschließlich im Handbuch gegeben und nicht in der Dissertationsschrift aufgeführt. Es ist zu erwarten, dass solche Anleitungen und Instruktionen für folgende Versionen von Werkzeugen abweichen können oder in Zukunft andere Werkzeuge eingesetzt werden. Aufgrund des kontinuierlichen Wandels der technologischen Grundlagen ist die Aktualisierung des Handbuchs systematisch vorgesehen. Dies ist uneingeschränkt möglich, während die Dissertationsschrift zum Zeitpunkt der Einreichung als fertig deklariert und anschließend nicht mehr verändert wird.

Um dies am Bild der Softwareentwicklung zu verdeutlichen, ist das Handbuch inkl. der technischen Artefakte, die in dessen Kontext bereitgestellt werden, als eine Implementierung des Rahmenwerks zu bezeichnen.

Das Handbuch übernimmt einzelne Abschnitte aus der Dissertationsschrift, ohne diese an Stellen explizit als Quelle anzugeben. Dies wird in der Einleitung des Handbuchs einmalig beschrieben. Prinzipiell gilt, als primäre Quelle der Inhalte im Handbuch ist bei gleichen/ähnlichen Texten immer diese Dissertationsschrift zu verstehen.

11.2.2 Technisch

Die Dissertationsschrift wird in ausgedruckter Form und als PDF-Datei veröffentlicht. Die PDF-Datei wird mittels des Services der Hochschulschriftenbearbeitung der SUB Hamburg namens *ediss*¹ zur Verfügung gestellt. Um die meisten geforderten Anforderungen zu erfüllen, könnte das Handbuch ebenfalls als PDF-Datei veröffentlicht werden, welche Downloadlinks zu technischen Artefakten beinhaltet. Dies hätte jedoch einen entscheidenden Nachteil, bei Aktualisierungen müsste die gesamte PDF-Datei erneut verteilt oder heruntergeladen werden.

Aus diesem Grund wurde entschieden, das Handbuch in Form eines online-Dokuments bzw. als eine Webseite bereitzustellen. Die Realisierung als Webseite hat außerdem weitere Vorteile, wie z. B., dass diese über das Internet direkt von gängigen Geräten angezeigt wer-

¹<https://ediss.sub.uni-hamburg.de/>, besucht am 31.01.2024

den kann. Die in das Handbuch eingebundenen technischen Artefakte werden als Download zur Verfügung gestellt.

11.3 Entwurf und Umsetzung des Handbuchs

In diesem Abschnitt wird das Handbuch strukturell und technisch entworfen sowie die technische Umsetzung beschrieben.

11.3.1 Struktur der Inhalte

Auf der obersten Ebene wird das Handbuch in die folgenden sechs Bereiche gegliedert:

- Übersicht
- Eine LLUA
- Systematische Betrachtung
- Organisation und Kollaboration
- Datenanalyse
- Installation und Wartung

Damit orientiert es sich an der Struktur der ersten Ebene (der Cluster) des Rahmenwerks. Lediglich die Bereiche *Übersicht* und *Eine LLUA* weichen von dieser Struktur ab und der Cluster *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* wird in *Eine LLUA* und *Installation und Wartung* aufgeteilt.

Der Bereich *Übersicht* adressiert u. a. die inhaltlichen Anforderungen, die oben definiert wurden, und unterstützt somit den Einstieg in die Verwendung des Rahmenwerks. In dem Bereich *Eine LLUA* werden eine konzeptionelle und die hier entwickelte exemplarische LLUA vorgestellt und deren Komponenten beschrieben. Dies ist also eine Extraktion des Moduls „Entwicklung einer LLUA“ aus dem Cluster *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA*. Die restlichen Module des genannten Clusters werden in dem Bereich *Installation und Wartung* verortet.

Abgesehen von diesen Ausnahmen folgt die Struktur des Handbuchs auf der nächsten Ebene unter den vier Clustern des Rahmenwerks – beinhaltet also alle konzipierten Module.

11.3.2 Technischer Entwurf und Umsetzung

Im Zuge der technischen Umsetzung des Handbuchs als Webseite ist die Frage zentral, mit welcher Softwareunterstützung diese Webseite erstellt werden soll. Daraus ergeben sich die weiteren technischen Herausforderungen und Anforderungen an die Infrastruktur (sowohl für der Entwicklung als auch für die Bereitstellung).

Form der Bereitstellung Generell ließen sich gängige *Content Management Systeme* (CMS), wie z. B. Wordpress² und Drupal³, oder Wiki-orientierte Systeme, wie z. B. Atlassian Confluence⁴, für diese Aufgabe einsetzen. Diese erfordern jedoch einen umfangreichen

²<https://www.wordpress.com/>, besucht am 31.01.2024

³<https://www.drupal.org/>, besucht am 31.01.2024

⁴<https://www.atlassian.com/software/confluence>, besucht am 31.01.2024

Technologie-Stack (u. a. Programmiersprache/Ausführungsumgebung und Datenbank) sowie erhöhte Anforderungen an die Hardware und bringen viele Funktionalitäten (und somit Komplexität) mit, die hier nicht benötigt werden. Nicht nur das CMS, sondern auch der Softwarestack muss gewartet werden. Aus diesen Gründen wurde entschieden, kein gängiges CMS zu verwenden. Ein Wiki-orientiertes System verfügt zwar über wenige nicht notwendige Funktionalitäten, benötigt aber ebenfalls einen umfangreichen Technologie-Stack, um betrieben werden zu können.

Das Handbuch mit einer Plattform, wie z. B. GitBook⁵ oder GitHub Pages⁶, zu erstellen und dort zu veröffentlichen, widerspricht der Anforderung, die Abhängigkeiten zu Dritten möglichst gering zu halten.

Dies führte zu der Entscheidung, das Handbuch als *statische* HTML-Webseite bereitzustellen, welche lediglich einen Webserver (wie z. B. NGiNX⁷ oder Apache HTTP Server⁸) und Speicherplatz benötigt. Der Wartungsaufwand und die Abhängigkeiten sind so abschlaggebend verringert.

Erstellung der Inhalte Die nächste Frage ist, wie diese statische Webseite und deren Inhalte erstellt werden sollen, wenn kein (kollaborativer) *WYSIWYG-Editor*, wie in einigen CMS/Wikis, zur Verfügung steht. Um die Formatierung der Inhalte einfach und leicht erlernbar zu gestalten, bietet sich die Nutzung einer verbreiteten und *schlanken* Auszeichnungssprache an, welche anschließend automatisiert in HTML konvertiert werden kann.

Eines der Werkzeuge, welches in den letzten Jahren im Bereich der technischen Projektdokumentation verstärkt eingesetzt wird, ist MkDocs⁹. MkDocs ist ein in Python geschriebener Generator, der eine statische HTML-Webseite auf der Basis von in Markdown geschriebenen Quelldateien erzeugt (zusätzlich wird eine YAML-Konfigurationsdatei benötigt). Ein eingebauter Entwicklungsserver ermöglicht zur Entwicklungszeit eine Vorschau der Webseite im lokalen Browser.

Für eine moderne Optik und Navigation sowie hilfreiche Funktionen, wie z. B. eine Suchfunktion und das Hervorheben von Inhalten in visuell hervorgehobenen Bereichen (so genannte *Admonitions* oder *call-outs*), kann das *material*¹⁰ Theme eingesetzt werden.

Die Realisierung mittels MkDocs unter Verwendung des *material* Themes erfüllt die hier definierten technischen funktionalen Anforderungen der BenutzerInnen und EntwicklerInnen (s. o.).

Versionierung und Kooperation Die Versionierung sowie die Zusammenführung der Dateien erfolgt via Git¹¹. Als zentrales Repository wird eine vom Informatikrechenzentrum der Universität Hamburg betriebene GitLab¹² Instanz verwendet. Sollte diese in Zukunft nicht mehr zur Verfügung stehen, kann das zentrale Git-Repository einfach migriert werden.

⁵<https://www.gitbook.com/>, besucht am 31.01.2024

⁶<https://pages.github.com/>, besucht am 31.01.2024

⁷<https://www.nginx.com/>, besucht am 31.01.2024

⁸<https://httpd.apache.org/>, besucht am 31.01.2024

⁹<https://www.mkdocs.org/>, besucht am 31.01.2024

¹⁰<https://squidfunk.github.io/mkdocs-material/>, besucht am 31.01.2024

¹¹<https://git-scm.com/>, besucht am 31.01.2024

¹²<https://about.gitlab.com/>, besucht am 31.01.2024

Veröffentlichung und Zugriff Die generierte statische HTML-Webseite muss von einem Webserver zur Verfügung gestellt werden. Als Ressource wird hier zunächst¹³ eine virtuelle Maschine (VM) genutzt, die dem Autor dieser Arbeit vom Informatikrechenzentrum der Universität Hamburg bereitgestellt wird. Als Webserver wird NGiNX eingesetzt. Sollte die oben genannte VM in Zukunft nicht mehr zur Verfügung stehen, so können die Webseiteninhalte und der Webserver auf eine andere Ressource migriert werden. Die Erreichbarkeit wird über eine vom Autor dieser Arbeit privat registrierte URL (<https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/>, besucht am 31.01.2024) ermöglicht, deren Ziel bei einem Ortswechsel entsprechend angepasst werden kann.

Deployment Die statische HTML-Webseite kann lokal generiert und anschließend die erzeugten Artefakte „per Hand“ oder via Skript auf die oben genannte VM übertragen werden. Um diesen Prozess zu automatisieren, wird GitLab CI/CD¹⁴ eingesetzt. Dieses generiert bei Bedarf (z. B. bei einem *Commit* in den *main Branch*) die statischen Artefakte und überträgt diese anschließend via scp¹⁵ auf die VM.

11.4 Zusammenfassung

Das Rahmenwerk wird grundlegend in zwei Teilen bereitgestellt: die hier vorliegende Dissertationsschrift sowie ein separates Handbuch. Ersterer beinhaltet die wissenschaftlichen und konzeptionellen Hintergründe des Rahmenwerks. Letzterer dient BenutzerInnen als Zugang zu dem Rahmenwerk, in dessen Kontext außerdem technische Artefakte bereitgestellt werden.

Strukturell orientiert sich das Handbuch an den Clustern und Modulen des Rahmenwerks. Zusätzlich wird es um Bereiche erweitert, die zur Benutzung des Rahmenwerks nützlich sind.

Während die Dissertationsschrift in Form einer PDF-Datei zur Verfügung gestellt wird, wird das Handbuch als eine statische HTML-Webseite veröffentlicht. Diese wird mittels MkDocs unter Verwendung des *material* Themes realisiert.

Im folgenden Kapitel wird die Erzeugung der konkreten Inhalte des Rahmenwerks beschrieben. Es werden somit einige Inhalte für diese Dissertationsschrift sowie für das Handbuch benannt.

¹³Die Ressource kann bei Bedarf in Zukunft geändert werden.

¹⁴<https://docs.gitlab.com/ee/ci/>, besucht am 31.01.2024

¹⁵secure copy, <https://linux.die.net/man/1/scp>, besucht am 31.01.2024

12 Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks

Einige Inhalte des Rahmenwerks wurden bereits in dieser Dissertationsschrift dargestellt und unterstützend eingesetzt. Viele Inhalte wurden in ihrer konkreten Ausprägung jedoch noch nicht präsentiert, sondern lediglich explizit in „Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks“ (S. 213) benannt. Wie bereits in der inhaltlichen Konzeption bei der Bereitstellung des Rahmenwerks beschrieben (s. Abschnitt 11.2.1), werden nicht alle Inhalte in dieser Dissertationsschrift, sondern einige allein in dem Handbuch aufgeführt.

In „Wechselwirkungen des Rahmenwerks und der LLUA“ (S. 164) wurde beschrieben, dass sich die Entwicklung des Rahmenwerks und die Erprobung der exemplarischen LLUA beeinflussen. Die Entwicklung des Handbuchs sowie die Entwicklung der weiteren Inhalte des Rahmenwerks sind in Abbildung 8.1 in den Bereich „Ausgestaltung“ einzuordnen.

Einerseits werden in diesem Kapitel – anhand der Cluster und Module des Rahmenwerks – die Inhalte verortet. Es wird also beschrieben, an welcher Stelle dieser Dissertationsschrift bzw. des Handbuchs die entwickelten Inhalte aufzufinden sind, anstatt sie hier erneut wiederzugeben. Somit dient dieses Kapitel als eine Art Inhaltsverzeichnis oder *Wegweiser* für die Inhalte des Rahmenwerks.¹ Andererseits werden hier weitere Inhalte geschaffen, die in dieser Dissertationsschrift noch nicht präsentiert wurden und nicht oder nur teilweise in das Handbuch aufgenommen werden. Zu diesem Zweck werden u. a. Konzepte des Rahmenwerks beispielhaft angewendet. In diesem Zuge wird auf die aufgestellten Hypothesen und ihre Subhypothesen (s. Abschnitt 4.2) verwiesen.

Die Inhalte, die in „Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks“ (S. 213) geschaffen wurden, werden hier nicht explizit verortet, da diese – anhand der Struktur des Kapitels – den einzelnen Clustern und Modulen direkt zuzuordnen sind.

12.1 Cluster: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen

Projektbasierte Lehrveranstaltungen können in ihrer konkreten Ausprägung sehr unterschiedlich sein. Dieser Cluster schlägt eine Betrachtungsweise von projektbasierten Lehr- und Lernveranstaltungen vor, um eine einheitliche Auffassung dieser zu etablieren.

Zu diesem Zweck werden projektbasierte Lehrveranstaltungen grundlegend als Projekte betrachtet, die ähnliche Charakteristika aufweisen, wie Projekte in der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik.

Außerdem wird der Kosmos *projektbasierte Lehrveranstaltung* akteurszentriert in einzelne Teile zerlegt und die Beziehungen selbiger zueinander aufgezeigt. Mit Hilfe der Abbildung auf Multiagentensysteme (MAS) werden zusätzlich Rollen, Ziele, Herausforderungen und Tätigkeiten sowie deren Zusammenhänge und Abhängigkeiten intuitiv beschrieben.

¹Zur Erinnerung: Der Zugang zum Rahmenwerk für die BenutzerInnen ist das Handbuch.

Dies wird von diesem Cluster durch konkrete Beispiele veranschaulicht. Diese sollen dazu dienen, dass die BenutzerInnen des Rahmenwerks selbst die Abbildung ihrer Lehrveranstaltung auf ein entsprechendes MAS durchführen können, um so ihre individuelle LLUA zu entwickeln und anzupassen. Es wird sowohl eine Methode vorgestellt als auch eine Technik vorgeschlagen, welche zu diesem Zweck eingesetzt werden können.

12.1.1 Modul: Betrachtung einer Lehrveranstaltung als Projekt

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Modul: Betrachtung einer Lehrveranstaltung als Projekt“ (S. 216)
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/systematische_betrachtung/lehrveranstaltung_als_projekt/ (besucht am 31.01.2024)

Es wurde bereits hergeleitet, dass eine Lehrveranstaltung in diesem Kontext als Projekt betrachtet werden kann bzw. sollte (s. o. Verortung). Der Zweck dieser Betrachtung wurde bisher jedoch nicht ausreichend beleuchtet.

Diese Betrachtung soll den Veranstaltenden und Teilnehmenden die folgenden Punkte näherbringen:

- Jede Durchführung einer Lehrveranstaltung ist individuell. Besonders bei projektbasierten Lehrveranstaltungen ist die Flexibilität aller Beteiligten gefragt.
- Eine projektbasierte Lehrveranstaltung ist eine Umgebung, in der gemeinsame Ziele existieren, die gemeinsam verfolgt und erreicht werden. Das Gemeinschaftsgefühl und die gegenseitige Unterstützung (kooperatives Lernen) sollten in einer solchen Veranstaltung einen hohen Stellenwert aufweisen.
- Alle Veranstaltenden und Teilnehmenden sollten aktiv zum Erfolg der Veranstaltung beitragen. Niemand ist nur passive/r TeilnehmerIn, sondern alle sollten Verantwortlichkeiten übernehmen und sich einbringen.

12.1.2 Modul: Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Abbildung des komplexen Systems „projektbasierte Lehrveranstaltung“ auf ein Modell“ (S. 217)
 - Akteure und Auslöser
 - „Hin zu einer Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme“ (S. 105)
 - Konzepte einer Lehrveranstaltung auf Multiagentensysteme (MAS) abgebildet
 - „Agenten und Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 108)
 - Gezeigt, wie Agentenspezifikationen (Veranstaltende und Teilnehmende) und Rollen definiert werden können
 - „Erhebung von Zielen und Herausforderungen von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 117)

- Gezeigt, wie Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert werden können
 - „Herausarbeitung und Definition der Anforderungen“ (S. 171)
 - Gezeigt, wie Anforderungen an eine LLUA und das Rahmenwerk modelliert werden können
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-raahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/systematische_betrachtung/abbildung_lv_auf_mas/ (besucht am 31.01.2024)

Auf Seite 220 ff. wird das *Konzept der Abbildung* von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf MAS entwickelt und präsentiert. Dieses wird in drei grundlegende Bereiche unterteilt: *Modellierung der menschlichen Umgebung*, *Modellierung der technischen Umgebung* sowie *Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen*. Die Durchführung des ersten Bereiches des Konzepts wurde in dieser Arbeit bereits vorgestellt (s. o. Verortung). Die anderen beiden Bereiche wurden bisher nur ansatzweise gezeigt. Zwar wurden bei der Herausarbeitung und Definition der Anforderungen bereits die *Use-Cases* beschrieben, welche für die einzelnen menschlichen Rollen von der technischen Umgebung unterstützt werden sollen, jedoch wurde in diesem Zuge weder die Bestandsaufnahme einer vorhandenen Umgebung (modelliert als MAS) noch die Integration der MAS-Modelle präsentiert. Dies wird hier eingegrenzt auf den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA (vgl. Abschnitt 9.2.3) beispielhaft anhand der Gruppe von Anforderungen „Verteilt kollaborieren“ (s. Abbildung 9.2, S. 178) verkürzt vorgestellt. Dadurch soll Benutzenden des Rahmenwerks veranschaulicht werden, wie sie selbst dieses Konzept einsetzen können.

Modellierung der technischen Umgebung: Bestandsaufnahme

Als zu untersuchende und zu erweiternde Umgebung dient hier die Umgebung der PAOSE-Lehrveranstaltungen, welche bereits in Abschnitt 3.2.2 beschrieben wurde. Dieses Beispiel ist auf den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* eingeschränkt, um den Umfang zu begrenzen. Überschneidungen mit den anderen Bereichen einer LLUA werden hier nicht berücksichtigt.

Agenten und Rollen Im Bereich *Kommunikation & Kollaboration* lassen sich grob vier Akteure benennen: Redmine [J.-P. Lang 2024] (bietet u. a. Projektmanagementfähigkeiten bzw. persistente asynchrone, nicht-direkte Kommunikation und Dateiaustausch an), E-Mail (bietet textbasierte, persistente, asynchrone, direkte Kommunikation und Dateiaustausch an), *Network File Storage* (NFS; bietet den zentralisierten Austausch von Dateien an) und Git (bietet die Versionierung und den Austausch von Dateien an). Daraus konnten die folgenden Arten von Agenten (Agentenspezifikationen) abgeleitet werden: *KommunikatorIn* und *DateimanagerIn*. Die oben grob benannten Aufgabenbereiche und Tätigkeiten haben sich auf die folgenden Rollen aufteilen lassen und aus diesen konnten entsprechend die genannten Agentenspezifikationen aggregiert werden:

- KommunikatorIn
 - AufgabenmanagerIn
 - TextuellekommunikatorIn
- DateimanagerIn
 - DateiverteilerIn
 - DateiversioniererIn

Ziele, Lösungsansätze und Dienste Die AufgabenmanagerIn verfolgt in ihrem Themenbereich das Ziel „Asynchrone, nicht-direkte Kommunikation ermöglichen“. Dadurch will sie den *Overhead* verringern, der durch *direkte* Kommunikation über Aufgaben und Tätigkeiten entsteht. Dazu nutzt sie die zwei Lösungsansätze „Zentralisieren der Aufgabenverwaltung“ und „Verwaltung von Verantwortlichkeiten“ (Redmine). Für Ersteren bietet sie die Dienste „Erstellen/Lesen/Verändern/Löschen von Aufgaben“ und „Status von Aufgaben setzen“ an. Für ihren zweiten Lösungsansatz bietet sie die Dienste „Zuweisen von Aufgaben“ und „Einsehen von Zuweisungen“ an. Obwohl diese Lösungsansätze und Dienste auch in dem Bereich *Planung & Durchführung* einer LLUA verortet werden können (vgl. Abbildung 9.1), werden sie hier ebenfalls explizit aufgeführt, da sie zusätzlich Teil der Kommunikation sind.

Die TextuellekommunikatorIn verfolgt das Ziel „Asynchrone, direkte Kommunikation ermöglichen“. Dazu verwendet sie den Lösungsansatz „Verschicken von Nachrichten“ (E-Mails). Zu diesem Zweck bietet sie die Dienste „Versenden von Nachrichten“, „Erhalten von Nachrichten“ und „Speichern von Nachrichten“ an.

Das Ziel „Dateiaustausch ermöglichen“ wird von der Rolle DateiverteilerIn verfolgt. Sie greift dafür auf die beiden Lösungsansätze „Verschicken von Dateien“ (E-Mails) und „Zentralisiertes Bereitstellen von Dateien“ (Redmine, NFS, Git) zurück. Für den ersten Lösungsansatz bietet sie die Dienste „Versenden von Dateien“, „Erhalten von Dateien“ und „Speichern von Dateien“ an. Für den zweiten Lösungsansatz „Ablegen von Dateien“, „Zugreifen auf Dateien“, „Hochladen von Dateien“ und „Runterladen von Dateien“.

Die Rolle DateiversioniererIn möchte das Ziel „Dateiversionierung ermöglichen“ erreichen. Sie verfolgt dafür den Lösungsansatz „Persistieren und Bereithalten mehrerer Versionen einer Datei“ und bietet für diese die Dienste „Versioniertes Persistieren von Dateien“, „Navigation durch die Versionen“, „Wiederherstellung alter Versionen“ und „Vergleichen von Versionen“ an.

Grafisch ist dieser Ausschnitt des Modells der technischen Umgebung in Abbildung 12.1 dargestellt.

Integration der Modelle

Das Modell der technischen Umgebung wurde oben textuell und grafisch entwickelt. Das Modell des Ausschnitts der menschlichen Umgebung wird hier der Einfachheit halber vom Use Case Diagramm abgeleitet, welches bereits in Abbildung 9.2 präsentiert wurde. Jeder Use-Case wird dabei in einen benötigten Dienst umgewandelt. Das resultierende Modell ist in Abbildung 12.2 grafisch dargestellt und im Grunde nur eine andere Form der Darstellung der Anforderungen. Zuvor wurden Anforderungen in dieser Arbeit als Use Case Diagramme (UCDs) modelliert.

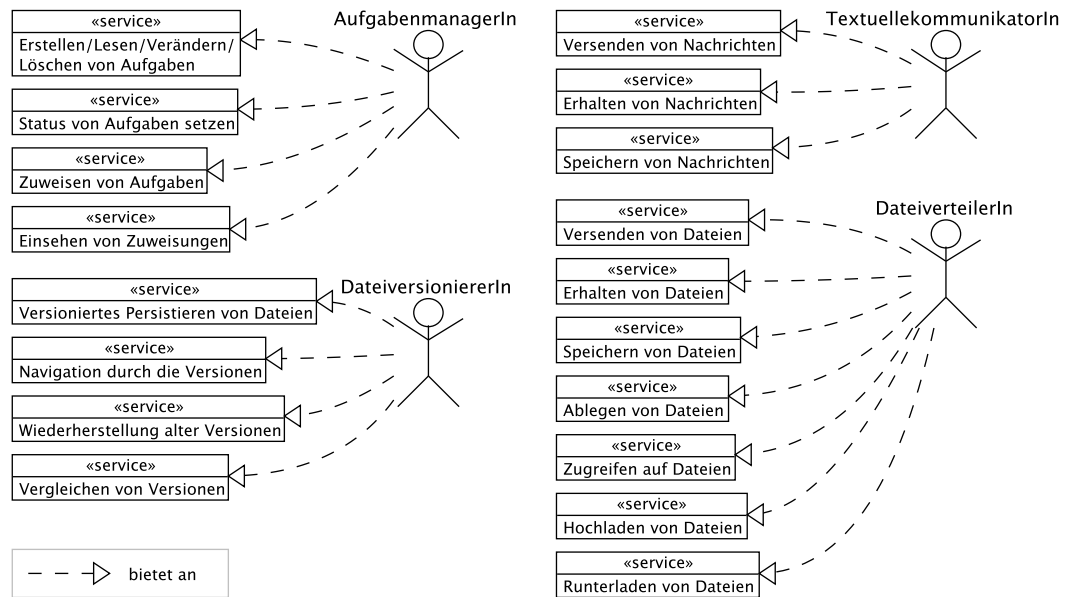


Abbildung 12.1: Beispielhafter Ausschnitt des Modells der technischen Umgebung für den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA.

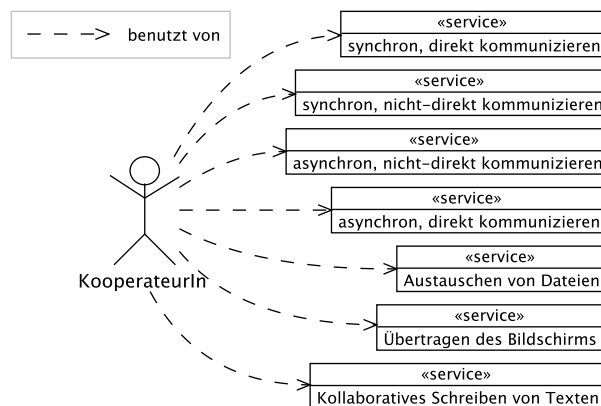


Abbildung 12.2: Beispielhafter Ausschnitt des Modells der menschlichen Umgebung für den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA.

Diese beiden Modelle werden integriert, indem die komplementären Dienste identifiziert werden. Das heißt, es werden zueinander passende Dienste auf der Seite des menschlichen und des technischen Modells identifiziert und miteinander in Beziehung gesetzt. Dies ist in Abbildung 12.3 visuell dargestellt. Die Kardinalität der Zuordnung ist dabei abhängig vom Grad der Granularität, welcher für die jeweiligen Modelle gewählt wurde. Weichen diese zu stark voneinander ab, sollten Dienste verfeinert/-gröbert werden. Die Modelle sind Hilfsmittel, die individuelle Lösungsfindungen unterstützen sollen. Aus diesem Grund sollten die Modelle in dem Maße angepasst werden, dass sie hilfreich eingesetzt werden können.

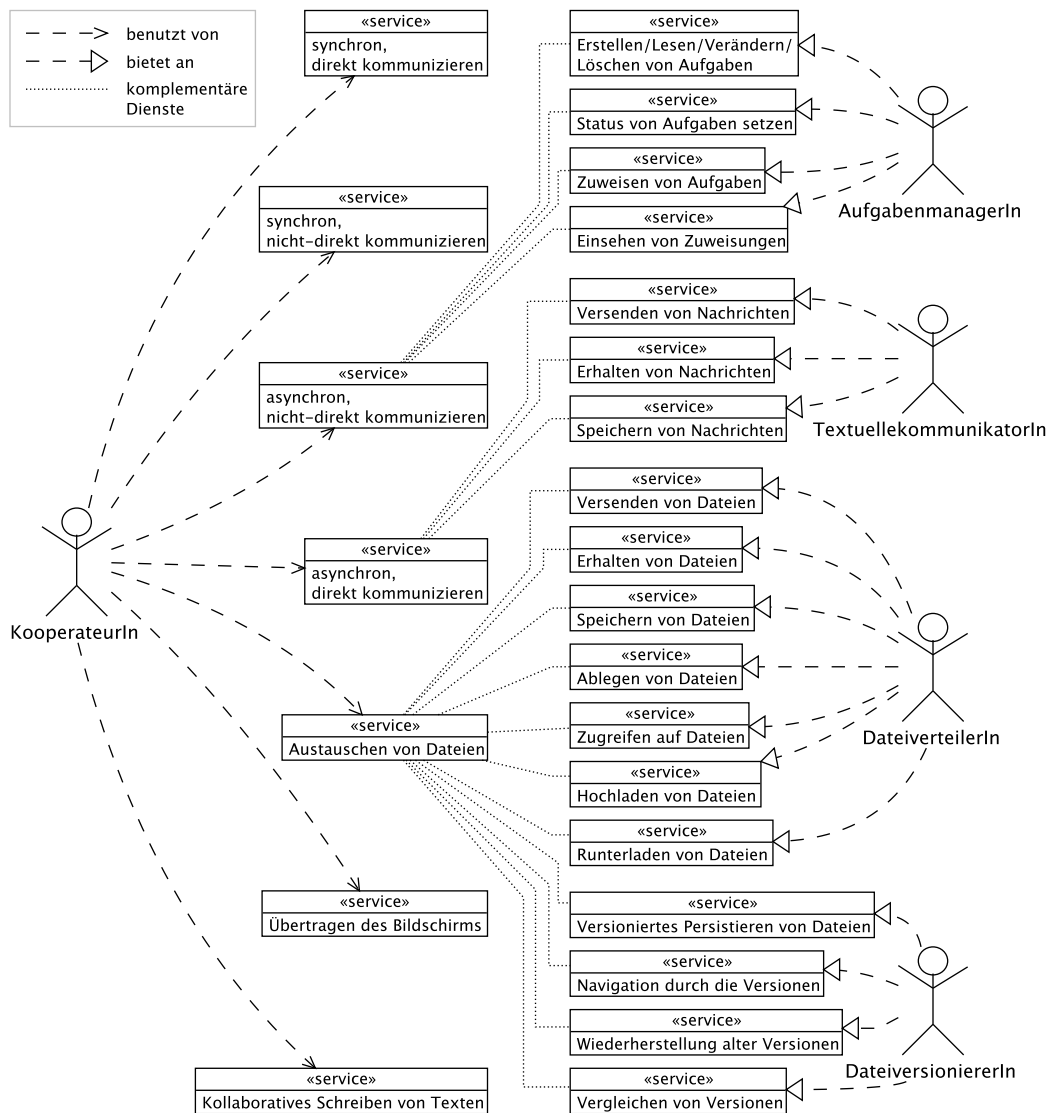


Abbildung 12.3: Beispielhafte Integration der Modelle der technischen und der menschlichen Umgebung für den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA.

Weiterentwicklung beider Umgebungen

Den weiteren Schritten im Prozess folgend, werden jene Dienste identifiziert, die nicht erbracht bzw. nicht benutzt werden – zu denen also keine komplementären Dienste gefunden wurden. Anhand der grafisch modellierten Beziehungen (s. Abbildung 12.3) kann dies visuell beurteilt werden. Das grafische Modell sagt jedoch nichts darüber aus, ob die bereits erbrachten Dienste den heutigen, individuellen Anforderungen entsprechen und somit ggf. einer Anpassung bedürfen.

Die beispielhafte Weiterentwicklung beider Umgebungen wird im Folgenden nicht vollständig präsentiert, sondern anhand von ausgewählten Diensten erläutert. Zum einen wird die Erbringung des Dienstes „Kollaboratives Schreiben von Texten“ und zum anderen die

Umgestaltung der Art und Weise der Erbringung des Dienstes „Austauschen von Daten“ demonstriert. Aufgrund dieser Teil-Betrachtung werden hier der grobe und feine technische Entwurf der exemplarischen LLUA nicht grafisch erarbeitet. Dies wird in Abschnitt 12.2.2 wieder aufgegriffen und durchgeführt.

Erbringung: Kollaboratives Schreiben von Texten Zu diesem Zweck wird die neue Rolle DokumentationsmanagerIn in das technische Modell eingefügt. Diese erbringt die drei Dienste „Kollaboratives Erstellen von Texten“, „Persistieren kollaborativer Texte“ und „Bereitstellen kollaborativer Texte“, welche dann entsprechend als komplementäre Dienste in dem integrierten Modell markiert werden.

Aus mehreren zusätzlichen Gründen, die erst im nachfolgenden Cluster weiter ausgeführt werden, wurde die technische Umgebung um Confluence von Atlassian [Atlassian 2024a] erweitert. Dieses erbringt die oben drei genannten Dienste. Der menschlichen Umgebung wurde anschließend mitgeteilt, dass der Dienst „Kollaboratives Schreiben von Texten“ (ab jetzt) von Confluence erbracht wird.

Umgestaltung: Austauschen von Dateien Die komplementären Dienste zum Dienst „Austausch von Dateien“ werden zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme von einem gemeinsam genutzten NFS, E-Mail-Dienst, Redmine und Git erbracht. In Zukunft sollen das NFS und der E-Mail-Dienst nicht mehr dafür genutzt werden, außerdem wird Redmine vollständig von Jira und Confluence abgelöst. Der Austausch und die Kollaboration via Git sollen weiterhin bestehen bleiben. Zusätzlich wird die Umgebung (hauptsächlich aus Gründen der verbesserten Kommunikation) um das Team-Kollaborationsprogramm Mattermost [Mattermost, Inc. 2024] ergänzt, welches vorrangig als Chat-Programm, aber auch zum Austausch von Dateien genutzt werden soll.

Das NFS und der E-Mail-Dienst sollen u. a. aus den folgenden Gründen nicht mehr zum Austausch von Dateien verwendet werden:

- NFS
 - Das NFS ist nur von Computern im Netzwerk des Informatikums der Universität Hamburg erreichbar.
 - Die Rechtevergabe bereitet häufig – besonders zu Beginn des Semesters oder wenn später neue Personen hinzugekommen sind – Probleme und erfordert die Kommunikation und die Einbindung von Personal der technischen Verwaltung.
 - Die Dateien können nur umständlich mit einem zusätzlichen Beschreibungstext abgelegt werden (indem z. B. eine extra Textdatei bereitgestellt wird).
 - In einigen Fällen müssen die Dateien per Kommandozeile abgelegt bzw. zugegriffen werden.
 - Es wird keine Versionierung der Dateien vorgenommen.
 - Der Dateiaustausch kann nicht aufgezeichnet und somit nicht analysiert werden.
- E-Mail-Dienst
 - Das Verschicken von Dateien via E-Mail ist nicht nachhaltig (die Datei wird vervielfältigt über das Internet verschickt und in der Anzahl der empfangenden Personen entsprechend vielen Instanzen abgelegt).
 - Neue Versionen der Dateien müssen erneut verschickt und können nicht ausgetauscht werden.

- Wurde der Dateiversand versehentlich falsch adressiert, so ist dies nicht rückgängig zu machen (das kann z. B. bei aufgezeichneten Daten zur Verletzung des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte führen).
- Ob die Dateien verschlüsselt versendet werden, liegt im Ermessen der versendenden Person.
- Die Größe der Dateien wird von dem gewählten E-Mail-Dienst begrenzt, auf den möglicherweise kein Einfluss ausgeübt werden kann.
- Der Dateiaustausch kann nicht aufgezeichnet und somit nicht analysiert werden.

Beide Dienste können von den Veranstaltenden einer Lehrveranstaltung nicht abgeschaltet, die technische Umgebung also nicht angepasst werden. Somit können die Veranstaltenden die Teilnehmenden lediglich darum bitten, diese Dienste nicht zum Dateiaustausch zu verwenden. Ebenso sollte das neu eingeführte Chat-Programm Mattermost datensparend eingesetzt werden (wenn eine Datei an mehrere Personen geschickt werden soll, dann sollte dies nicht einzeln, sondern in einer (spontanen) Gruppe/einem Channel erfolgen). Dies sind neue Verhaltenskonventionen, die in dem Zuge in der menschlichen Umgebung eingeführt wurden (vgl. z. B. Seite 145).

Die in diesem Abschnitt beispielhaft präsentierte Abbildung von Lehrveranstaltungen auf MAS zur Umgestaltung der menschlichen und technischen Umgebungen, kann von den folgenden Clustern bzw. ihren Modulen in deren individuellen Kontexten eingesetzt werden.

12.2 Cluster: Unterstützung der Organisation und Kollaboration

Mit Hilfe dieses Clusters können Veranstalter*innen die Organisation und Durchführung Ihrer Lehrveranstaltung systematisch und technisch unterstützen sowie den Teilnehmenden die verteilte Kollaboration ermöglichen. Zu diesem Zweck werden typische Herausforderungen und Anforderungen beschrieben, die in projektbasierten Lehrveranstaltungen in diesem Kontext auftreten, und Vorgehensweisen vorgeschlagen, wie diesen begegnet werden kann. In diesem Zusammenhang wird gezeigt, wie dazu technische Werkzeuge prinzipiell und konkret eingesetzt werden können. Somit adressiert dieser Cluster die Bereiche *Planung & Durchführung* sowie *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA.

Allen Veranstalter*innen und Teilnehmenden sollte erläutert werden, inwiefern ein systematisches Projektmanagement für die gemeinsame Organisation und Kollaboration in einer Lehrveranstaltung sinnvoll ist. In projektbasierten Lehrveranstaltungen stehen nicht alleinig die zu erlernenden fachlichen Inhalte im Vordergrund, sondern auch das Erproben und Erlernen von (grundlegenden) Projektmanagementpraktiken. Zu diesem Zweck sollte den Teilnehmenden eine technische Umgebung bereitgestellt werden, die möglichst deren Ansprüche erfüllt und zusätzlich sollten den Teilnehmenden Verhaltenskonventionen erläutert werden, die das Projektmanagement prinzipiell unterstützen. Gegebenenfalls kommen Verhaltenskonventionen hinzu, die es ermöglichen, spezielle Daten aufzuzeichnen (dies wird erst in „Modul: Daten aufzeichnen“ (S. 293) wieder aufgegriffen).

Den Teilnehmenden könnten im Rahmen der Lehrveranstaltung z. B. Projektmanagementmodelle wie Kanban² oder Scrum³ nähergebracht werden. Die Wahl, Integration und

²<https://de.wikipedia.org/wiki/Kanban>, besucht am 31.01.2024

³<https://www.scrum.org/>, besucht am 31.01.2024

Lehre konkreter Projektmanagementpraktiken werden hier jedoch nicht weiter beleuchtet. Viel mehr werden hier grundlegende Möglichkeiten und Lösungen aufgezeigt, die für eine Vielzahl von Projektmanagementmodellen eingesetzt werden können und den Teilnehmenden in ihrer beruflichen Laufbahn (voraussichtlich) wieder begegnen werden.

Die Inhalte und Absichten dieses Clusters werden von der Hypothese H01⁴ geprägt und widmen sich somit ihrer Verifikation bzw. Falsifikation sowie der ihrer Subhypothesen (s. Abschnitt 4.2).

12.2.1 Modul: Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Agenten und Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 108)
 - Grundlegende Beschreibung (betrachteter) menschlicher Umgebungen, mittels Agentenspezifikationen (Veranstaltende und Teilnehmende) und Rollen
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 118)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Planung & Durchführung“ (S. 174)
 - Anforderungen an diesen Bereich einer LLUA definiert und modelliert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/organisation_und_kollaboration/organisieren_und_durchfuehren/ (besucht am 31.01.2024)

Dieses Modul nutzt das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.), um Teile der menschlichen und technischen Umgebung zu modellieren. Mit Hilfe des Konzepts wurden bereits die Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze erhoben sowie Anforderungen definiert, also Teile der menschlichen Umgebung modelliert. Um die technische Umgebung zu modellieren, beide Modelle miteinander zu integrieren und auf dessen Basis die beiden Umgebungen weiterzuentwickeln, kann so verfahren werden, wie in Abschnitt 12.1.2 beispielhaft gezeigt ist. Die Ergebnisse dieser Tätigkeiten werden hier jedoch nicht präsentiert, um den Detailgrad zu begrenzen. Stattdessen werden – aufbauend auf den durch diese Tätigkeiten entwickelten groben Entwurf einer LLUA (s. Abbildung 10.9, S. 251) – die konzeptionellen Komponenten einer LLUA für den Bereich dieses Clusters beschrieben. Anschließend werden die für die exemplarische LLUA ausgewählten konkreten Werkzeuge und Softwareanwendungen sowie ihr Einsatz vorgestellt⁵.

Konzeptionelle Umsetzung

Die konzeptionellen technischen Komponenten im Kontext *Planung & Durchführung* einer LLUA sind ein Authentifizierungsdienst, Projektmanagementwerkzeuge, ein Werkzeug, um

⁴Wenn die agierenden Personen in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung gängigen Projektmanagementumgebung unterstützt werden können, dann können damit auch die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterstützt werden.

⁵Im *Konzept der Abbildung* ist dies ein Teil der Subphase „Weiterentwicklung beider Umgebungen“.

Informationen und Materialien auszutauschen und ggf. eine Versionsverwaltung für Programmcode. Hinzu kommen ein oder mehrere Webserver, welche den Zugriff auf die oben genannten Werkzeuge über das Internet ermöglichen. Diese Komponenten sind in Abbildung 12.4 grafisch dargestellt.

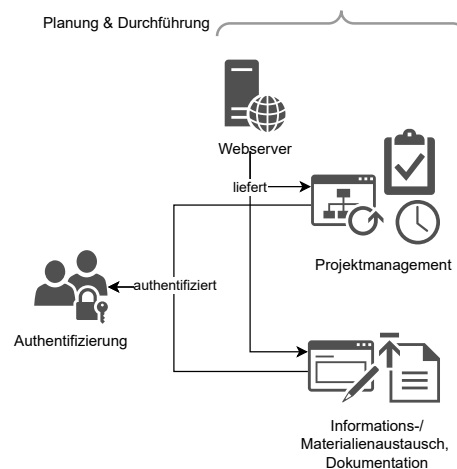


Abbildung 12.4: Der grobe technische Entwurf für den Bereich *Planung & Durchführung* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten.

Authentifizierungsdienst Da die Umgebung einen einheitlichen bzw. zentralen Authentifizierungsmechanismus nutzen soll, wird ein solcher Dienst benötigt. Hier kann z. B. ein vorhandener Dienst der Universität genutzt werden, sofern sich dieser in die gewählten Werkzeuge einbinden bzw. benutzen lässt.

Projektmanagementwerkzeuge Um die definierten Anforderungen der ProjektmanagerIn zu erfüllen, ist es sinnvoll ein elaboriertes Projektmanagementwerkzeug zu wählen, das möglichst viele der geforderten Funktionalitäten aus den in der Konzeption betrachteten Bereichen Projekte und Personen, Aufgaben und Arbeitszeit/-aufwand (s. Abschnitt 10.3.2) bereitstellt. Durch eine flexible und mächtige Projektverwaltung, die individuell konfigurierbar ist, werden die unterschiedlichen Ausprägungen von projektbasierten Lehrveranstaltungen unterstützt. So lassen sich übersichtliche Räume schaffen, in denen sich die Veranstaltenden und die Teilnehmenden organisieren und koordinieren können.

Informationen und Materialien Zur einheitlichen Sammlung bzw. Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien, Ergebnissen und Dokumentationen bietet sich die Verwendung eines Wiki-ähnlichen Werkzeugs an.

In diesem sollte eine sinnvolle Struktur erstellt werden, um z. B. die Materialien und weiterführenden Ressourcen für die Teilnehmenden zu sammeln. Außerdem sollte den Teilnehmenden eine grobe Struktur vorgegeben werden, die sie zur Dokumentation und zum Einreichen ihrer Ergebnisse nutzen können.

Wieso sich zur Entwicklung der exemplarischen LLUA im Bereich der Projektmanagementwerkzeuge eine Alternative für Redmine gesucht und für Jira entschieden wurde, hat mehrere Gründe. Einige dieser Gründe sind im Folgenden aufgeführt.

- Jira bietet umfangreiche Funktionen an und ist zudem hoch flexibel, wodurch es sich an die unterschiedlichen Bedürfnisse und individuellen und sich über die Zeit verändernden Anforderungen von projektbasierten Lehrveranstaltungen anpassen lässt (wird z. B. eingesetzt von agilen Teams, Projektmanagementteams, Softwareentwicklungsteams, DevOps-Teams und Produktmanagementteams, zum einfachen Aufgabenmanagement oder *Bug-Tracking* sowie für Anforderungs- und Testfallmanagement [Atlassian 2023c]).
- Die Funktionalitäten von Jira können durch eine Vielzahl von *Add-ons* erweitert werden.
- Jira verfügt bereits über einige *report-* bzw. Analysefunktionalitäten.
- Da den Teilnehmenden der untersuchten Lehrveranstaltungen (angeboten vom Fachbereich Informatik der Universität Hamburg) die Möglichkeit geboten werden soll, ein weitverbreitetes Projektmanagementwerkzeug kennenzulernen, welchem sie in ihrer beruflichen Laufbahn möglicherweise wieder begegnen, war dies ein ausschlaggebender Grund für die Wahl. Atlassian behauptet selbst, dass weltweit über 65.000 Unternehmen Jira einsetzen [Atlassian 2023c]. Auf StackShare haben immerhin 4.813 Unternehmen und 53.291 Developer (Stand 11.01.2024) angegeben, dass sie Jira nutzen [StackShare 2023b]. Im Jahr 2022 wurde Jira von Gartner außerdem im Bereich *Enterprise Agile Planning Tools* als „Customers’ Choice“ ausgezeichnet [Gartner 2023].
- Obwohl Jira ein kommerzielles Werkzeug ist welches einer Lizenz bedarf, bietet Atlassian eine sogenannte *Classroom-Lizenz* an, mit welcher alle *self-managed Data Center* Produkte sowie die von Atlassian entwickelten Add-ons für Lehrveranstaltungen kostenlos genutzt werden können [Atlassian 2023a].

Neben Jira wären noch die folgenden Alternativen zu Redmine zu nennen, die hier in die nähere Auswahl aufgenommen wurden, um als Projektmanagementwerkzeug eingesetzt zu werden: OpenProject⁶ und GitLab.

Zum Einsatz: Für jedes Team in einer Lehrveranstaltung wird ein Projekt angelegt und mindestens eine Teilnehmerin/ein Teilnehmender erhält die Administrationsrechte für dieses Projekt. Außerdem hat es sich bewährt, für jede Lehrveranstaltung ein Projekt anzulegen, in welchem die Veranstaltenden mit den ggf. mitwirkenden Tutoren/studentischen Hilfskräften ihre Arbeit rund um die Lehrveranstaltung organisieren. Dies ist auch sinnvoll, wenn nur eine Veranstaltende/ein Veranstaltender existiert, um die eigenen Aufgaben im Blick zu behalten.

Die Teilnehmenden organisieren sich innerhalb des Projekts mit Issues und ggf. Sprints. Die Issues können Personen zugewiesen werden, um Verantwortlichkeiten zu verwalten. Je nach Art der Lehrveranstaltung kann der Einsatz unterschiedlicher Issue-Typen sinnvoll sein. Gängig sind z. B. Task und Sub-Task. Mehr über die einzelnen Issue-Typen in Jira und ihre intendierte Verwendung ist hier nachzulesen.

Durch die Pflege des Status eines Issues, können die Teilnehmenden den Fortschritt managen. Gängig sind hier z. B. To Do, In Progress und Done. Je nach Projekt sind

⁶<https://www.openproject.org/>, besucht am 31.01.2024

jedoch auch weitere Status sinnvoll einzusetzen. Mehr über die einzelnen Issue-Status in Jira und ihre intendierte Verwendung ist in den offiziellen Quellen⁷ nachzulesen.

Wie die Status aufeinander folgen, wird in sogenannten Workflows festgelegt. Dadurch können Statusübergänge ermöglicht oder verboten werden. Mehr über die Verwendung von Workflows in Jira ist den offiziellen Quellen⁸ zu entnehmen.

Außerdem sollen die Teilnehmenden ihre Arbeitszeit an den Issues schätzen und buchen. Durch die Konfiguration sogenannter Worklog-Typen lässt sich außerdem die Art der Tätigkeit festhalten, ob die Zeit z. B. in einem Meeting, beim Programmieren oder beim Recherchieren verbracht wurde. Dies kann z. B. mittels der Jira-App WorklogPRO⁹ realisiert werden. Diese bietet außerdem eine gute Übersicht über die gebuchten Zeiten.

Zusammenfassend wird Jira also für Folgendes eingesetzt:

- Projekte verwalten
- Aufgabenexplikation
- Abhängigkeiten von Aufgaben definieren
- Aufgabenfortschritt
- Aufgabenverteilung und -zuweisung
- Zeiterfassung
- Aufzeichnung entsprechender Daten

Informationen und Materialien Confluence wird als kollaboratives Wiki oder Team Space – wie Atlassian ihr Produkt selbst bezeichnet – genutzt und selbst gehostet. Die BenutzerInnen und Gruppen werden ebenfalls von Crowd importiert und als Datenbanktechnologie wird wieder PostgreSQL eingesetzt.

Einige der Gründe, wieso sich zu Entwicklung der exemplarischen LLUA im Bereich Informationen und Materialien eine Alternative für Redmine gesucht und für Confluence entschieden wurde, sind im Folgenden aufgeführt.

- Aufgrund der oben angeführten Überlegungen sollte Redmine im Bereich der Projektmanagementwerkzeuge durch Jira abgelöst werden.
- Confluence bietet umfangreiche Funktionen an und ist zudem hoch flexibel, wodurch es sich an die unterschiedlichen Bedürfnisse und individuellen und sich über die Zeit verändernden Anforderungen von projektbasierten Lehrveranstaltungen anpassen lässt (wird z. B. eingesetzt von IT und Support Teams, Produktmanagementteams, Softwareentwicklungsteams, Marketingteams, *Human Ressource* Teams und Projektmanagementteams [Atlassian 2023b]).
- Redmine ist auf oberster Ebene in *Projekten* strukturiert, unter welchen ein Wiki angelegt und Dateien abgelegt werden können. In der Vergangenheit wurde festgestellt, dass dies ein Nachteil ist, wenn mehrere Lehrveranstaltungen auf die Informationen und Dateien zugreifen müssen. Ohne die Nutzung der Projektmanagementfähigkeiten von Redmine (s. o.), ist dies unnötig umständlich.

⁷<https://support.atlassian.com/jira-cloud-administration/docs/what-are-issue-statuses-priorities-and-resolutions/>, besucht am 31.01.2024

⁸<https://support.atlassian.com/jira-cloud-administration/docs/work-with-issue-workflows/>, besucht am 31.01.2024

⁹<https://marketplace.atlassian.com/apps/1212626/worklogpro-timesheets-for-jira?tab=overview&hosting=datacenter>, besucht am 31.01.2024

- Die Entscheidung Confluence zu erproben, wurde nach der Entscheidung getroffen, Jira zu nutzen. Auf dieser Grundlage war Confluence – aufgrund der Kopplungs-/Integrationsmöglichkeiten mit Jira und geteilter Infrastruktur (wie z. B. Crowd) – eine naheliegende Wahl.
- Confluence ist dennoch unabhängig von der Projektstruktur in Jira und ist auf oberster Ebene in sogenannte *Spaces* organisiert. Diese können nach Belieben strukturiert werden.
- Die Gestaltungsmöglichkeiten, die das Wiki von Redmine bietet, sind gering. Es lassen sich z. B. keine Inhalte nebeneinander darstellen.
- Während das Wiki von Redmine eine *Vorschau* ermöglicht, bietet Confluence einen kollaborativen WYSIWYG-Editor an, der den Benutzenden außerdem einen größeren Gestaltungsspielraum bietet.
- Redmine bietet keine Versionsverwaltung für die hochgeladenen Dateien an.
- Die Funktionalitäten von Confluence können durch eine Vielzahl von *Add-ons* erweitert werden.
- Auch für die Wahl von Confluence war die Verbreitung ein ausschlaggebender Grund (vgl. oben). Auf StackShare haben 2.843 Unternehmen und 22.005 Developer (Stand 11.01.2024) angegeben, Confluence zu nutzen [StackShare 2023a].
- Confluence ist zwar genau wie Jira ein kommerzielles Werkzeug, welches einer Lizenz bedarf, jedoch deckt die von Atlassian angebotene *Classroom*-Lizenz (s. o.) auch Confluence und seine Add-ons ab [Atlassian 2023a].

Neben Confluence wurde nur der Einsatz von OpenProject als Alternative zu Redmine (im Bereich Informationen und Materialien) in die engere Auswahl aufgenommen.

Die Nutzung von Confluence in einer Lehrveranstaltung gestaltet sich grob wie folgt. Für jede Lehrveranstaltung wird ein eigener *Space* angelegt, der als Übersicht dient. In diesem hinterlegen die Veranstaltenden z. B. allgemeine Lehr- und Lernmaterialien, präsentieren den globalen Zeitplan, Deadlines sowie Themen, die von einzelnen Kleingruppen bearbeitet werden könnten. Die Teilnehmenden nutzen diesen Space z. B., um sich zu informieren, zu einzelnen Themen zuzuordnen und ihre Abschlussberichte einzureichen. Für allgemeine Ankündigungen kann z. B. die Blog-Funktionalität genutzt oder es können Abstimmungen sowie Umfragen erstellt und durchgeführt werden.

Außerdem hat es sich bewährt, für jedes Team in einer Lehrveranstaltung einen zusätzlichen Space anzulegen, in welchem die Teams z. B. ihre Arbeit dokumentieren, gemeinsames Wissen ansammeln sowie ihre individuellen (Zwischen-)Ergebnisse präsentieren und teilen können.

Zusammenfassend wird Confluence für Folgendes eingesetzt:

- Bereitstellung (versioniert) und Abrufen von Lernmaterialien
- kollaborative Erstellung von Dokumentation und Lösungen (versioniert)
- Veröffentlichung von Ergebnissen (versioniert)
- Abstimmungen
- Ankündigungen
- Aufzeichnung entsprechender Daten

Versionsverwaltung (für Programmcode) Als Werkzeug für die zentrale Versionsverwaltung von Programmcode wird das GitLab des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg eingesetzt (wenn in der Lehrveranstaltung Programmcode erstellt wird).

Dies wird, wie es in Softwareentwicklungsprojekten typisch ist, von allen Beteiligten genutzt. Darüber hinaus dient es gleichzeitig zur Veröffentlichung von Ergebnissen, die z. B. von den Veranstaltenden zur Bewertung der Leistungen von Teilnehmenden herangezogen werden.

Zusammenfassend wird GitLab für die folgenden Aufgaben eingesetzt:

- Zentrales Versionskontrollsystem (VCS) für Programmcode
- Continuous Integration
- Build
- Package Registry
- Container Registry

12.2.2 Modul: Verteilte Kollaboration

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Agenten und Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen“ (S. 108)
 - Grundlegende Beschreibung (betrachteter) menschlicher Umgebungen, mittels Agentenspezifikationen (Veranstaltende und Teilnehmende) und Rollen
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 118)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Kommunikation & Kollaboration“ (S. 176)
 - Anforderungen an diesen Bereich einer LLUA definiert und modelliert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/organisation_und_kollaboration/verteilt_kollaborieren/ (besucht am 31.01.2024)

Dieses Modul nutzt ebenfalls das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.), um Teile der menschlichen und technischen Umgebung zu modellieren und adressiert damit den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA. Auch hier wurden mit Hilfe des Konzepts bereits die Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze erhoben sowie Anforderungen definiert, also die menschliche Umgebung modelliert.

In Abschnitt 12.1.2 wurde der Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA als Beispiel für die Modellierung der technischen Umgebung, die Integration der Modelle sowie die Weiterentwicklung beider Umgebungen genutzt. In diesem Zuge wurden der grobe und feine technische Entwurf der exemplarischen LLUA nicht grafisch erarbeitet. Beide werden hier für diesen Bereich präsentiert und die Nutzung ihrer konzeptionellen Komponenten bzw. konkreten Werkzeuge beschrieben.

Konzeptionelle Umsetzung

Die konzeptionelle Umsetzung für die Integration der verteilten Kollaboration basiert auf einer Erweiterung der konzeptionellen Umsetzung, die oben im „Modul: Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen“ bereits präsentiert wurde (s. Seite 271). Hinzu kommen die Fähigkeiten „Kollaboratives schreiben“, „E-Mail“, „Text-Chat“, „Sprach-Chat“

und „Bildschirmübertragung“. Die (erweiterte) grafische Modellierung der konzeptionellen technischen Komponenten ist in Abbildung 12.6 dargestellt.

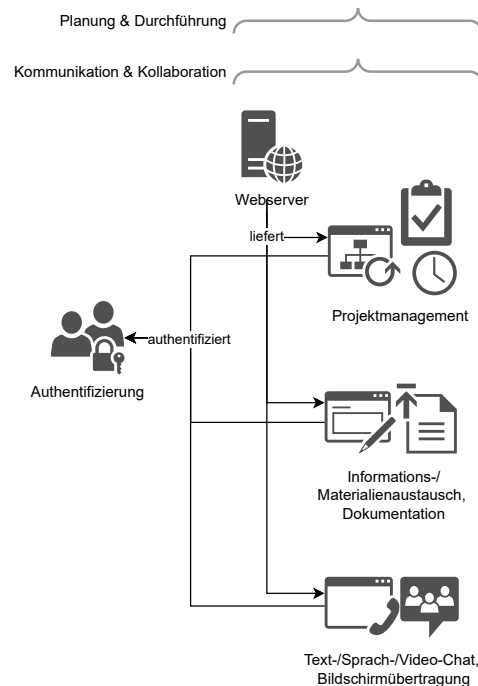


Abbildung 12.6: Der (erweiterte) grobe technische Entwurf für den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten.

Bis auf die Fähigkeit „Kollaboratives schreiben“, welche der Komponente „Informations-/Materialienaustausch, Dokumentation“ zugeordnet wird, sind die hinzukommenden Fähigkeiten in der Komponente „Text-/Sprach-/Video-Chat, Bildschirmübertragung“ angesiedelt. Übertragen auf die beispielhafte Weiterentwicklung der menschlichen und technischen Umgebungen aus Abschnitt 12.1.2, S. 268 bedeutet dies, dass die dort neu eingeführte Rolle DokumentationsmanagerIn (s. Seite 269) zur Erbringung des von der KooperationspartnerIn geforderten Dienstes „Kollaboratives Schreiben von Texten“ (mit ihren drei Diensten) in der „Informations-/Materialienaustausch, Dokumentation“ Komponenten verortet wird. Die anderen offenen Dienste der KooperationspartnerIn („synchron, direkt kommunizieren“, „synchron, indirekt kommunizieren“ und „Übertragen des Bildschirms“) werden von (teilweise neu zu erschaffenen) Rollen und deren Diensten erbracht, die Teil der Komponente „Text-/Sprach-/Video-Chat, Bildschirmübertragung“ sind.

Zur Vollständigkeit: Die weiteren Rollen und ihre Dienste, welche in Abbildung 12.3, S. 268 dargestellt sind, werden wie folgt den konzeptionellen technischen Komponenten zugeordnet: AufgabenmanagerIn :: „Projektmanagement“, TextuellekommunikatorIn :: „Text-/Sprach-/Video-Chat, Bildschirmübertragung“, DateiverteilerIn :: „Informations-/Materialienaustausch, Dokumentation“ und „Text-/Sprach-/Video-Chat, Bildschirmübertragung“, DateiversioniererIn :: „Informations-/Materialienaustausch, Dokumentation“. Die Nutzung überschneidet sich mit der vorangegangenen konzeptionellen Umsetzung

für den Bereich *Planung & Durchführung*) (s. Seite 271) einer LLUA und dessen Inhalte werden hier nicht wiederholt, sondern lediglich referenziert und ergänzt.

Authentifizierungsdienst Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 271.

Projektmanagementwerkzeuge Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 271.

Um die verteilte Koordination der Personen zu unterstützen, ist es ebenfalls sinnvoll ein Projektmanagementwerkzeug einzusetzen. Durch eine geeignete Wahl des Werkzeugs und dessen – an das jeweilige Projekt angepasste – Konfiguration, lassen sich die Aufgaben der Teams bzw. Personen koordinieren und überblicken, damit z. B. Abgabefristen eingehalten werden.

Informationen und Materialien Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 271.

Ein geeignetes Wiki-artiges Werkzeug kann für den persistenten verteilten Informations-/Datenaustausch genutzt werden.

Kollaboratives Schreiben Ein Werkzeug, welches das kollaborative Schreiben von Texten ermöglicht, ist eine sinnvolle Ergänzung. So könnten einige der in dem „Modul: Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen“ beschriebenen Lehr- und Lernmaterialien, Ergebnisse und die Dokumentation verteilt kollaborativ erstellt werden.

Wünschenswert ist eine direkte Integration in das zu wählende Wiki-artige Werkzeug, um weitere Kontextwechsel zu verringern bzw. zu vermeiden.

E-Mail Die klassische E-Mail-Kommunikation kann als asynchrones direktes Medium eingesetzt werden, sofern die Teilnehmenden dazu angehalten sind, ihre (universitären) E-Mails zu lesen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass dies nicht immer der Fall ist und es häufig einer direkten Aufforderung bedarf.

Außerdem bieten z. B. gängige Projektmanagementwerkzeuge die Funktion an, über die Einbindung eines E-Mail-Servers Benachrichtigungen via E-Mail zu versenden.

Aus datenschutzrechtlichen Gründen kann es sinnvoll sein, ausschließlich über universitäre E-Mail-Adressen zu kommunizieren und keine (privaten) E-Mail-Adressen dritter Anbieter zu adressieren.

Text-Chat Wie bereits oben erwähnt, soll auch der Text-basierte Chat als Unterstützung der asynchronen Kommunikation verstanden werden. Gegenüber der klassischen E-Mail-Kommunikation ist ein Chat weniger förmlich und kann einfacher dazu genutzt werden, eine Text-basierte Unterhaltung zu führen und die verteilte Kooperation und Kollaboration unterstützen. Dies ist besonders für das Arbeiten in Teams relevant, da über einen Chat eine Gruppen-Kommunikation geführt werden kann.

Ein auszuwählendes Werkzeug sollte die Konfiguration eines eigenen Bereichs für jede Lehrveranstaltung ermöglichen, um die Überschneidung von Chats unterschiedlicher Lehrveranstaltungen zu vermeiden. Hilfreich ist es, wenn in diesen Bereichen zusätzlich (spontan) Gruppen oder sogenannte *Channels* erzeugt werden können, die thematisch organisiert sind. So lässt sich die Text-basierte Kommunikation sinnvoll strukturieren.

Eine Suchfunktion über den gesamten Chat-Verlauf ist zusätzlich eine hilfreiche Funktion, um z. B. geteilte Informationen oder ganze Diskussionen schnell zu finden.

Außerdem bieten einige Chat-Programme die Möglichkeit an, Dateien zu versenden. Auf diese Weise können schnell Daten mit anderen Personen der Lehrveranstaltung geteilt werden.

Einige Chat-Programme ermöglichen darüber hinaus die Integration von Chat-Bots, die z. B. Benachrichtigungen aus anderen Werkzeugen in den Chat schreiben oder auf BenutzerInneneingaben reagieren und Aktionen in anderen Werkzeugen oder auf Servern anstoßen.

Wünschenswert wäre hier ebenfalls die Authentifizierung über einen zentralen Authentifizierungsdienst.

Video/Sprach-Chat Für die effektive verteilte Zusammenarbeit in Echtzeit ist eine synchrone (Gruppen-)Kommunikation mittels eines Sprach-Chats fast unabdinglich. Außerdem können so schnell Sachverhalte besprochen und konkret erläutert werden. In Kombination mit einer Bildschirmübertragung kann so eine ähnliche Situation wie bei einer Präsenzveranstaltung erzeugt und Live-Präsentationen ermöglicht werden.

Hilfreich ist es, wenn sich der Sprach-Chat aus dem gewählten Chat-Programm heraus initialisieren lässt, um weitere Kontextwechsel zu vermeiden. Einige Chat-Programme stellen sogar bereits einen Sprach-Chat (wie z. B. Slack¹⁰ oder Mattermost (zum Zeitpunkt der Erprobung nur experimentell)) zur Verfügung [Mattermost, Inc. 2024].

Bildschirmübertragung Zur weiteren Unterstützung der effektiven verteilten kollaborativen Zusammenarbeit in Echtzeit, sollte das Übertragen von Bildschirminhalten ermöglicht werden. So können die Veranstaltenden und Teilnehmenden gemeinsam an Aufgaben arbeiten und eine ähnliche Situation erzeugt werden, als würden die Personen gemeinsam vor einem Computer sitzen.

Außerdem existieren für Live-Präsentationen Werkzeuge, in denen die Präsentationsinhalte hochgeladen werden können und dann mittels einer Präsentationsansicht den anderen Personen gezeigt werden können (dies ist z. B. in BigBlueButton (BBB) [BigBlueButton 2023] möglich).

Versionsverwaltung (für Programmcode) Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 271.

Konkrete Umsetzung

In der exemplarischen LLUA wurden die konzeptionellen Komponenten, wie im Folgenden geschildert, konkret umgesetzt (grafisch dargestellt in Abbildung 12.7). Die Nutzung überschneidet sich mit der vorangegangenen konkreten Umsetzung für den Bereich *Planung & Durchführung*) (s. Seite 273) einer LLUA und dessen Inhalte werden hier nicht wiederholt, sondern lediglich referenziert und ergänzt.

Authentifizierungsdienst Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 273.

Projektmanagementwerkzeuge Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 273.

Informationen und Materialien Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 273.

¹⁰<https://slack.com>, besucht am 31.01.2024

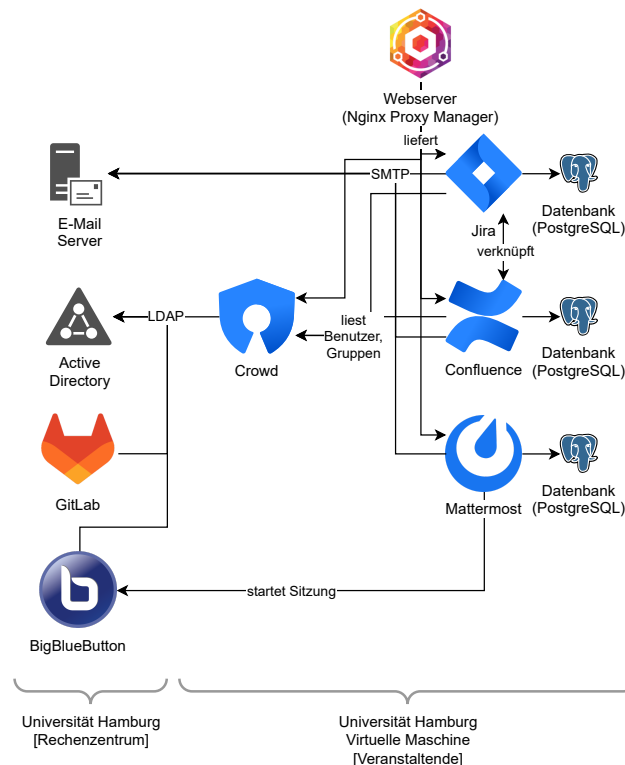


Abbildung 12.7: Der feine technische Entwurf für den Bereich *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Werkzeugen sowie deren Lokalität (geschwungene Klammern) und die zugehörigen Verantwortlichen (eckige Klammern).

Kollaboratives Schreiben Um kollaborativ Texte zu erstellen, gibt es eine Fülle an angebotenen Werkzeugen, wie z. B. Google Docs¹¹, Microsoft Word Online¹², Etherpad¹³, Firepad¹⁴ und OnlyOffice¹⁵ – um nur einige zu nennen. Da die Wahl für die zentrale Informationssammlung auf Confluence gefallen ist und dieses bereits einen kollaborativen Texteditor integriert, wurde darauf verzichtet, Alternativen in projektbasierten Lehrveranstaltungen zu erproben. Außerdem ist Confluence gleichzeitig der Ort, an dem die meisten gemeinsam erstellten Texte bereitgestellt werden sollen.

E-Mail Für die Kommunikation via E-Mail wird in der exemplarischen LLUA der zentrale E-Mail-Server der Universität Hamburg genutzt. Jeder/m Veranstaltenden und Teilnehmenden wird dort eine universitäre E-Mail-Adresse zur Verfügung gestellt.

Durch die Anmeldung an der Lehrveranstaltung sind den Veranstaltenden die E-Mail-Adressen der Teilnehmenden bekannt.

¹¹<https://www.google.com/docs/about/>, besucht am 31.01.2024

¹²<https://www.office.com>, besucht am 31.01.2024

¹³<https://etherpad.org/>, besucht am 31.01.2024

¹⁴<https://firepad.io/>, besucht am 31.01.2024

¹⁵<https://www.onlyoffice.com/>, besucht am 31.01.2024

Die E-Mail-Kommunikation wird in der exemplarischen LLUA von den Personen nur selten genutzt. Sie dient lediglich für die initiale Nachricht an alle Teilnehmenden zum Semesterbeginn sowie für einige offizielle Ankündigungen seitens der Veranstaltenden. Die Werkzeuge Jira, Confluence und Mattermost benutzen die Kommunikation via E-Mail jedoch, um Benachrichtigungen zu versenden, wie z. B. „Ihnen wurde ein Issue zugewiesen“, „Es wurde etwas an einer von Ihnen erstellten Seite geändert“ oder „Sie haben neue Nachrichten“.

Text-Chat Zur Unterstützung der Text-basierten Kommunikation wird Mattermost in der *Free* eingesetzt und selbst *gehostet*. Als Datenbanktechnologie wird PostgreSQL [The PostgreSQL Global Development Group 2024] eingesetzt.

Die Nutzung eines zentralen Authentifizierungsdienstes wird lediglich in der *Enterprise* bzw. *Professional* Version von Mattermost ermöglicht [Mattermost 2023a], welche im Kontext dieser Arbeit nicht erworben und genutzt wurden.

Für jede Lehrveranstaltung wird ein *Team* angelegt, welchem alle beteiligten Personen zugewiesen werden. In diesem werden thematische *Channels* eingerichtet, in denen die einzelnen Themenbereiche bzw. Gruppenarbeiten besprochen werden können. Außerdem wird der automatisch erstellte Channel *Town Square* für allgemeine Ansagen und Ankündigungen genutzt.

Zusätzlich können Chats mit einzelnen Personen oder spontanen Gruppen von Personen erstellt werden.

Die Suchfunktion ermöglicht es, den gesamten Chat-Verlauf zu durchsuchen und dadurch schnell die gewünschten Informationen bzw. Diskussionen zu finden.

Hinzu wurde das Starten von BBB Sessions per installierbarem Plugin integriert, sodass solche Sessions via Knopfdruck gestartet werden können.

Mattermost ermöglicht außerdem die Integration von Jira [Mattermost 2023d] und Confluence [Mattermost 2023b] spezifischen Nachrichten. Dies wurde im Kontext dieser Arbeit jedoch nicht erprobt.

Zusammenfassend wird Mattermost für Folgendes eingesetzt:

- Für Einzel- und Gruppen-Text-Chat
- Für allgemeine Ankündigungen
- Zum Durchsuchen der textbasierten Kommunikation
- Zum Starten von Meetings in BBB (mittels Plugins)
- Zum Aufzeichnen entsprechender Daten

Eine Alternative, die zu Mattermost – aufgrund der gestellten Anforderungen (s. Abschnitt 9.2.1 und Abschnitt 9.2.3) infrage kam, war z. B. Rocket.Chat¹⁶. Im Zuge der Entwicklung der exemplarischen LLUA wurde aus den folgenden Gründen entschieden, Mattermost einzusetzen:

- Das Rechenzentrum des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg bietet bereits eine Instanz von Mattermost an (diese wird hier nicht genutzt, sondern eine eigene Instanz *gehostet*, um den Zugriff auf die aufgezeichneten Daten zu gewährleisten (vgl. „Modul: Daten aufzeichnen“ (S. 293))). Somit besteht die Möglichkeit, dass die Teilnehmenden dieses Werkzeug bereits kennen.

¹⁶<https://www.rocket.chat/>, besucht am 31.01.2024

- Die Entscheidung, Mattermost zu erproben, wurde im Sommer 2019 getroffen. Rocket.Chat wurde erst im Mai 2019 in der Version 1.0 veröffentlicht [Rocket.Chat 2023], Mattermost hingegen bereits im Oktober 2015 [Mattermost 2023c] und wurde somit als verlässlicher eingestuft. Da Mattermost den Ansprüchen einer Text-Chat Software genügte, wurde auch im späteren Verlauf nicht auf z. B. Rocket.Chat umgestellt, sondern dringendere Bereiche adressiert.

In einer nächsten Weiterentwicklung der exemplarischen LLUA ist die Erprobung von Rocket.Chat oder Alternativen jedoch nicht ausgeschlossen.

Video/Sprach-Chat und Bildschirmübertragung Als Video/Sprach-Chat und für die Bildschirmübertragung wird das bereits oben erwähnte BBB eingesetzt. Das Rechenzentrum des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg stellt eine solche Instanz bereit. Im Kontext dieser Arbeit wurde kein weiteres Werkzeug erprobt, weil BBB die gestellten Anforderungen (s. Abschnitt 9.2.1 und Abschnitt 9.2.3) erfüllt.

BBB ermöglicht es u. a. sogenannte *Breakout-Rooms* zu erstellen, durch die sich virtuelle Räume innerhalb einer Session erzeugen lassen. Dies ist besonders für Gruppenarbeiten oder spezielle thematische Diskussionen in Lehrveranstaltungen eine hilfreiche Funktion.

Eine Session lässt sich entweder manuell über die BBB-Oberfläche erzeugen und anschließend via Link teilen oder durch die Installation eines Plugins für Mattermost direkt aus einem (Gruppen-)Chat/Channel heraus erstellen.

BBB stellt auf der einen Seite virtuellen Raum dar, in dem die Lehrveranstaltung online durchgeführt wird – zur Veranstaltungszeit wird sich also in einem vorher erzeugten Raum getroffen. Auf der anderen Seite dient BBB den Personen dazu, geplante und spontane Meetings abzuhalten, um z. B. gemeinsam an einer Aufgabe zu arbeiten oder anderen Personen zu helfen.

Zusammenfassend wird BBB für die folgenden Zwecke eingesetzt:

- Einzel- und Gruppen-Voice-Chat
- Live-Präsentationen
- Bildschirmübertragung
- Virtueller Raum für die Präsenzveranstaltungen
- Kooperative Zusammenarbeit

Versionsverwaltung (für Programmcode) Siehe Abschnitt 12.2.1, S. 273.

In diesem Abschnitt wurde die Unterstützung der Organisation und Kollaboration adressiert, indem u. a. die konzeptionelle Ausprägung einer LLUA sowie die konkrete der exemplarischen LLUA für die Bereiche *Planung & Durchführung* und *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA erarbeitet und vorgestellt wurden. Im folgenden Abschnitt wird die Unterstützung der Datenanalyse fokussiert, indem u. a. die Bereiche *Analyse* und *Reflexion* einer LLUA betrachtet werden.

12.3 Cluster: Unterstützung der Datenanalyse

Mit Hilfe dieses Clusters können Veranstaltende die Analyse von Daten in ihre eigene LLUA und ihre projektbasierte Lehrveranstaltung integrieren und für diese nutzen. Dazu

wird beschrieben, wozu die einzelnen Schritte dienen und was zur Umsetzung prinzipiell benötigt wird. Außerdem werden Beispiele gegeben, welche die Umsetzung der einzelnen Schritte konkret beschreiben. Somit adressiert dieser Cluster die Bereiche *Analyse* und *Reflexion* einer LLUA.

Auch wenn diese Dissertationsschrift in keiner Form eine rechtliche Beratung darstellt, so wird hier trotzdem auf eine verantwortungsbewusste Datenanalyse hingewiesen.

Auf der einen Seite sollte allen Personen, die in jeglicher Weise mit den Daten oder den daraus gewonnenen Informationen arbeiten, darauf hingewiesen werden, dass der Einsatz transparent ausgerichtet sein muss und eine kooperative Unterstützung gefördert werden soll. Es sollte eine Kultur des gemeinsamen Lehrens und Lernens propagiert werden, die durch die Datenanalyse unterstützt wird. Negative Konkurrenzneigungen sollten nicht gefördert – und besser noch entkräftet – werden.

Auf der anderen Seite ist es wichtig, dass die Absichten der Datenanalyse frühzeitig erläutert werden. Alle Veranstaltenden und Teilnehmenden der zu untersuchenden Lehrveranstaltung sollten darüber aufgeklärt werden, inwiefern Daten aufgezeichnet werden und welche Art von Analysen zu erwarten sind. Es sollte motiviert werden, dass dies zur Verbesserung ihrer eigenen Lehr- und Lernerfahrung und der Lehrveranstaltung beitragen soll und nicht dazu dient, einzelne Personen zu diskriminieren oder Ähnliches. Werden die Veranstaltenden und Teilnehmenden z. B. mit Analyseergebnissen und Anpassungsvorschlägen überrascht, so werden diese möglicherweise weniger wohlwollend aufgenommen oder es lässt sich kein positiver Nutzen generieren.

Für den Einstieg in die verantwortungsvolle Datenanalyse, lassen sich z. B. der Themenbereich *Responsible Data Science*¹⁷ der *Digital Society*, die Inhalte der (aktuell nicht weitergeführten) Initiative zu *Responsible Data Science*¹⁸ sowie die folgenden wissenschaftlichen Papiere [Aalst 2017, 2019] nutzen. Außerdem gibt der Abschnitt 2.3.2 einen kurzen Überblick.

Die Inhalte und Absichten dieses Clusters werden von Hypothese H02¹⁹ und Hypothese H03²⁰ geprägt und widmet sich somit ihrer Verifikation bzw. Falsifikation und der ihrer Subhypothesen (s. Abschnitt 4.2).

Um die stark praktisch orientierten Inhalte nicht unnötig zu wiederholen, wird in den Modulen an gegebener Stelle lediglich auf das Handbuch verwiesen. Dieses stellt die Inhalte bereits anschaulich mit der Unterstützung konkreter Beispiele dar.

¹⁷<https://www.thedigitalsociety.info/themes/responsible-data-science/>, besucht am 31.01.2024

¹⁸<https://redasci.org/>, besucht am 31.01.2024

¹⁹Wenn sich Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik einsetzen lassen, dann können diese auch zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten praktischer, kooperativer, kollaborativer und verteilter Lehrveranstaltungen eingesetzt werden.

²⁰Wenn die Analyse von Projekten in der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik die beteiligten Personen dabei unterstützt, ihr eigenes Handeln und das der anderen zu reflektieren, dann unterstützt sie auch die beteiligten Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen. Diese Reflexion unterstützt sie darin, ihr eigenes Handeln anzupassen sowie die Lehrveranstaltung und die technische Lehr- und Lernumgebung gewinnbringend umzugestalten.

12.3.1 Modul: Vorgehensmodell für die Datenanalyse

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn“ (S. 141)
 - Die Rolle AnalytikerIn in mehrere Subrollen zerlegt
 - „Herausarbeitung und Definition der Anforderungen“ (S. 171)
 - Anforderungen an diesen Bereich einer LLUA definiert und modelliert
- Verortung im Handbuch
 - <https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/vorgehensmodell/> (besucht am 31.01.2024)

Dieses Modul nutzt das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.), um Teile der menschlichen und technischen Umgebung zu modellieren. Mit dessen Hilfe wurden bereits die Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze erhoben sowie Anforderungen definiert, also die menschliche Umgebung modelliert. In diesem Zuge wurde z. B. bereits die AnalytikerIn durch mehrere Subrollen verfeinert (s. Abschnitt 6.2.2).

Das hier entwickelte Vorgehensmodell²¹ wurde bereits in Abbildung 10.8 grafisch präsentiert, jedoch wurden die einzelnen Blöcke sowie ihre Zusammenhänge nicht ausreichend beschrieben. Dies wird an dieser Stelle durchgeführt. Zusätzlich werden den einzelnen Tätigkeitsblöcken die Rollen, von denen diese durchgeführt werden, und die Module dieses Clusters zugeordnet. Für einen detaillierten Blick auf das Vorgehensmodell, wird dieses außerdem in Form eines BPMN-Prozesses modelliert und vorgestellt.

Beschreibung des Vorgehensmodells

Je nach Komplexität der projektbasierten Lehrveranstaltung und ihrer (technischen) Umgebung, Anspruch der durchzuführenden Analysen sowie Qualität der zu analysierenden Daten, können die einzelnen Abschnitte des Vorgehensmodells unterschiedlich stark verfolgt werden. Zur Erinnerung: Das Vorgehensmodell beschreibt den prinzipiellen Fluss der Tätigkeiten. Diese können von mehreren Personen durchgeführt werden und somit kann sich eine zeitliche Überschneidung der Tätigkeiten ergeben.

Zu gewinnende Informationen beschreiben Zu Beginn einer Datenanalyse sollten die zu gewinnenden Informationen beschrieben werden. Die Beschreibung und Erteilung der Analyseaufträge können z. B. die Aufgabe der Veranstaltenden und Teilnehmenden einer Lehrveranstaltung oder externer Parteien sein. Sie richten diesen Auftrag an den darauffolgenden Block bzw. die Rolle AnwendungsfallverstherIn. Für die Unterstützung der Tätigkeiten in diesem Kontext kann das „Modul: Analysen auswählen“ herangezogen werden.

²¹Das Vorgehensmodell für die Datenanalyse des LLUA-Rahmenwerks wird im späteren Verlauf dieser Arbeit mit „VMDA“ abgekürzt.

In diesem Zuge sollten mindestens die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Welche Informationen sollen gewonnen werden?
- Wie sollen diese Informationen genutzt werden?
- Was erhoffen man sich von der Analyse und der Nutzung der Informationen?

Ziele verstehen und Analysefragen formulieren In Abstimmung mit dem vorherigen Block, muss sichergestellt werden, dass die Ziele und die Analysefragen von allen Parteien verstanden werden. Dies ist vorrangig die Aufgabe der AnwendungsfallverstherIn. Für die Unterstützung der Tätigkeiten in diesem Kontext kann das „Modul: Analysen auswählen“ herangezogen werden.

Die AnwendungsfallverstherIn stimmt mindestens die folgenden Punkte ab und formuliert die Analysefragen:

- Was sind die großen Ziele dieses Datenanalyseauftrags?
- Welche Subziele sollen in dieser Iteration verfolgt werden?
- Welche (kleine(n)) Analysefrage(n) lässt/lassen sich zu diesem/diesen Subziele(n) formulieren?

Anschließend gibt sie die formulierten Analysefragen an den folgenden Block bzw. die DatenverstherIn weiter.

Vollständigkeit, Risiken und Qualität der Datenbasis untersuchen Die Daten sollten nicht ohne Begutachtung und gewissenhafter Durchsicht für Analysezwecke verwendet werden. Dies ist die Aufgabe der DatenverstherIn. Auf Grundlage der von der AnwendungsfallverstherIn entgegengenommenen Analysefragen, identifiziert sie die benötigten und untersucht die vorhandenen Daten. Für die Unterstützung der Tätigkeiten in diesem Kontext kann das „Modul: Daten verstehen und auswählen“ herangezogen werden.

Dazu führt sie mindestens die folgenden Tätigkeiten durch:

- Abgezieltes Datenschema entwickeln und beschreiben
- Datenquellen identifizieren
- Daten beschreiben
- Daten untersuchen
- Daten bewerten

Fehlen Daten, beinhalten Daten Risiken, durch welche z. B. einzelne Individuen gefährdet werden können, oder entsprechen diese nicht der benötigten Qualität, so trägt die DatenverstherIn dafür Sorge, dass diese Mängel behoben werden. Dazu wechselt sie in den nächsten Tätigkeitsblock „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren, Risiken minimieren, Qualität verbessern“.

Weisen die Daten keine Mängel (mehr) auf, so kann sie ihre Ergebnisse an die DatenintegratorIn weiterreichen, welche im Block „Daten extrahieren, ggf. transformieren und sammeln“ agiert.

Aufzuzeichnende Daten spezifizieren, Risiken minimieren, Qualität verbessern Wenn Daten fehlen, die Qualität zu gering ist oder bisher zu viele Risiken beinhalten, sollte die Datenaufzeichnung angepasst bzw. die Datenvorverarbeitung entsprechend entworfen

werden. Dies ist ebenfalls die Aufgabe der DatenverstherIn. Für die Unterstützung der Tätigkeiten in diesem Kontext kann das „Modul: Daten aufzeichnen“ herangezogen werden.

Hier erarbeitet die DatenverstherIn Lösungen, wie durch die Anpassung der technischen und menschlichen Umgebung den folgenden Herausforderungen entgegnet werden kann:

- Fehlende Daten aufzeichnen
- Fehlerhafte Daten korrigieren
- Risiken in Daten minimieren

Daraufhin werden in Zusammenarbeit mit den Veranstaltenden und Teilnehmenden die technische und die menschliche Umgebung angepasst.

Technische und menschliche Umgebung anpassen Damit fehlende, risikoärmere oder qualitativ hochwertigere Daten aufgezeichnet werden können, sollten die technische und die menschliche Umgebung angepasst werden. Dies wird vorrangig von Veranstaltenden und Teilnehmenden durchgeführt. Unterstützung bekommen sie dabei ebenfalls vom „Modul: Daten aufzeichnen“. Zur weiteren Unterstützung kann dafür das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220) genutzt werden.

In diesem Zusammenhang vollziehen sie z. B. die folgenden Tätigkeiten:

- Anpassung der technischen Umgebung
- Formulierung von Verhaltenskonventionen
- Kommunikation der Verhaltenskonventionen (Beeinflussung der menschlichen Umgebung)

Anschließend untersucht die DatenverstherIn die Daten erneut.

Daten extrahieren, ggf. transformieren und sammeln Nachdem die Daten in einem gewünschten Zustand sind, können diese verarbeitet werden. Damit befasst sich die DatenintegratorIn und wird dabei vom „Modul: Daten vorverarbeiten und sammeln“ unterstützt. Dazu greift sie auf die Vorarbeiten der DatenverstherIn zu.

Sie führt dabei mindestens die folgenden Tätigkeiten durch:

- Daten extrahieren
- Daten transformieren
- Daten bereinigen
- Risiken minimieren
- Daten laden

Nachdem die Daten – ggf. in einem *Data Warehouse* (DWH) – zur Verfügung stehen, können diese Daten von der DatenvisualisiererIn für Analysezwecke genutzt werden.

Analyse durchführen Wenn die Daten für die Analyse aufbereitet und bereitgestellt wurden, kann die erste Analyse durchgeführt werden. Möglicherweise werden hier Informationen gewonnen, welche die Anpassung der Datenvorverarbeitung erfordern. Dies ist die Aufgabe der DatenvisualisiererIn, welche dabei vom „Modul: Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten“ Unterstützung erfährt.

Ihre zentralen Tätigkeiten sind:

- Visualisierung der Daten
- Aufspüren z. B. fehlerhafter, widersprüchlicher oder nicht ausreichend aggregierter Daten

Sollten solche oder ähnliche Mängel festgestellt werden, kann sie die DatenintegratorIn z. B. darum bitten, die Korrektheit der Transformationen zu überprüfen und die Analyse anschließend erneut durchführen. Andernfalls wird der AnalyseevaluatorIn die durchgeführte Analyse vorgelegt.

Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen Anschließend muss die Analyse kritisch überprüft werden. Möglicherweise müssen die zu gewinnenden Informationen und Ziele anders oder besser beschrieben werden und somit eine neue Analyse initiiert werden. Dieser Tätigkeitenblock ist der AnalyseevaluatorIn zugeordnet. Dabei kann sie sich vom „Modul: Analysen bewerten und interpretieren“ unterstützen lassen.

Zu diesem Zweck sollte sie mindestens die folgenden Fragen untersuchen:

- Wurden alle Daten berücksichtigt?
- Wurden die richtigen Filter (z. B. Zeiträume und Projekte) gesetzt?
- Existieren Widersprüche zur Realität?
- Sind die Skalen der Visualisierungen sinnvoll gewählt?

Je nachdem wie schwerwiegend die Mängel sind und wie diese behoben werden können, muss entweder eine neue Iteration der Analyse initialisiert werden (zurück auf „Zu gewinnende Informationen beschreiben“) oder die Analyse verbessert werden (zurück auf „Analyse durchführen“). Erst wenn die Analyse den gewünschten Ansprüchen entspricht, sollte sie interpretiert werden.

Interpretation der Analyseergebnisse Nachdem die Qualität und der positive Nutzen sichergestellt wurden, können die Ergebnisse interpretiert werden. Auch die Tätigkeiten in diesem Block werden von der AnalyseevaluatorIn durchgeführt. Sie wird dabei ebenfalls vom „Modul: Analysen bewerten und interpretieren“ unterstützt.

Im Laufe der Interpretation werden vorrangig Hypothesen formuliert und Anpassungsvorschläge abgeleitet.

Anschließend muss der gewinnbringende Einsatz der Analyseergebnisse sichergestellt werden, damit diese einen (möglichst) positiven Effekt auf die reale Welt haben.

Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen Damit die Analysen ihren Nutzen entfalten können, sollten

- die Ergebnisse (wie z. B. die Anpassungsvorschläge) kommuniziert und
- die Selbstreflexion der Veranstaltenden und Teilnehmenden angeregt werden.

Mit diesen Aufgaben ist die AnalyseanwenderIn betraut, welche sich dabei vom „Modul: Kommunikation und Reflexion“ unterstützen lassen kann. In diese Tätigkeiten sind zusätzlich die Veranstaltenden und Teilnehmenden involviert. Auch für sie beinhaltet das oben genannte Modul unterstützende Hinweise.

Anschließend können weiterführende Analysen initialisiert werden, die z. B. die Ausprägungen der gegebenen Anpassungsvorschläge oder weitere Details untersuchen.

Das Vorgehensmodell als BPMN-Prozess

In Abbildung 12.8 ist das Vorgehensmodell als BPMN-Prozess dargestellt. Dieses Modell besteht aus den zwei *Pools* „Lehre“ und „Datenanalyse“. Jeder Pool ist entsprechend der in ihm tätigen Rollen in *Swimlanes* eingeteilt. Besonders relevant an dieser Darstellung ist die Visualisierung der Entscheidungen der Rollen und ihrer Interaktionen untereinander.

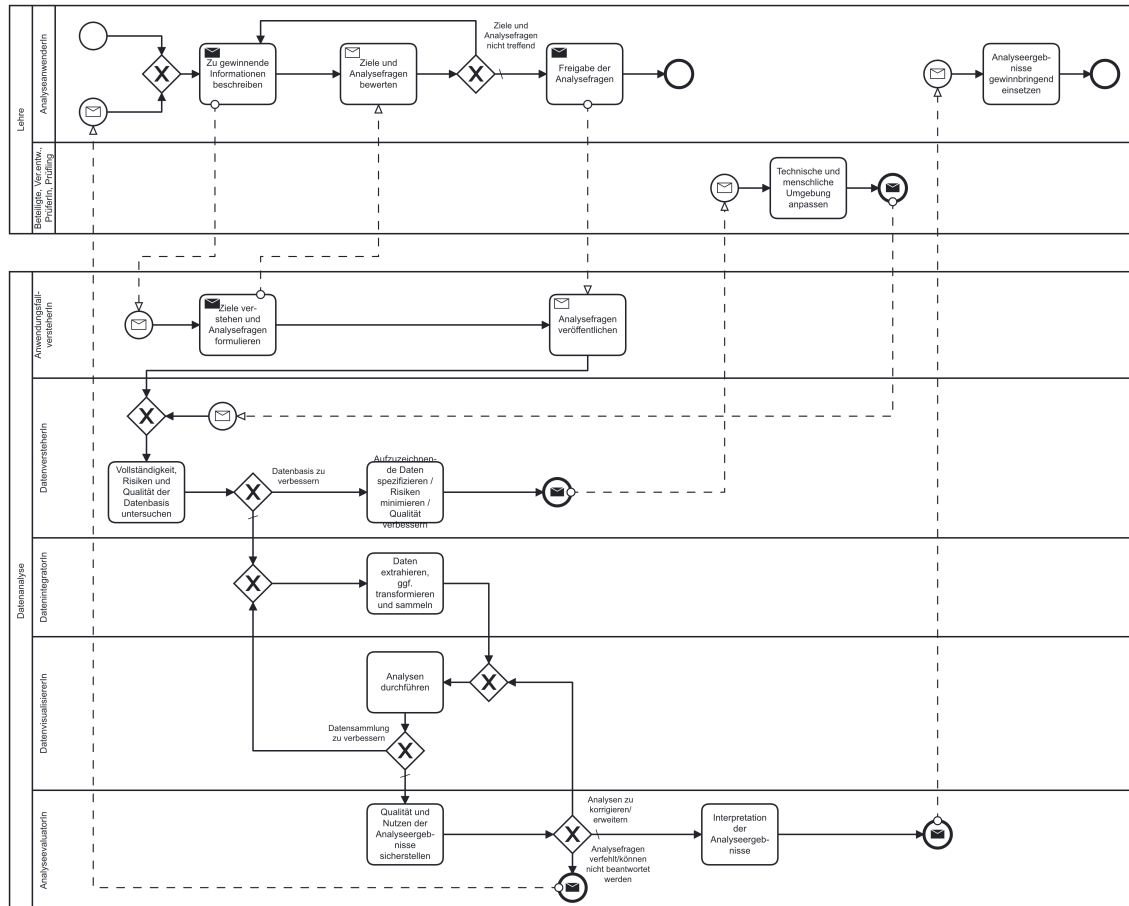


Abbildung 12.8: Das entwickelte Vorgehensmodell dargestellt als BPMN 2.0-Prozess, um die Entscheidungen der Rollen und ihre Interaktionen untereinander zu visualisieren.

12.3.2 Modul: Dokumentation der Datenanalyse

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert

- „Bereich: Analyse“ (S. 177)
 - Anforderungen an die Dokumentation während der Analysetätigkeiten definiert
- „Bereich: Reflexion“ (S. 187)
 - Anforderungen an die Dokumentation während der Reflexionstätigkeiten definiert
- „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation während der Analyse- und Reflexionstätigkeiten definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/dokumentation_der_datenanalyse/ (besucht am 31.01.2024)

Wie in der Konzeption dieses Moduls (s. Abschnitt 10.4.3) beschrieben, überspannt die Dokumentation den gesamten Analyseprozess. Der zentrale Aspekt dieses Moduls ist ein Schema das für die Erstellung einheitlicher Dokumentationen und dem Verfolgen des entwickelten Vorgehensmodells genutzt werden kann. Da das Lesen dieses Schemas, ohne damit zu arbeiten, nur eine geringe Bereicherung darstellen dürfte, wird es nicht an dieser Stelle eingefügt, sondern im Handbuch präsentiert²².

12.3.3 Modul: Analysen auswählen

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Analyse“ (S. 177)
 - Anforderungen an die Auswahl der Analysen definiert
 - „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation in Bezug auf die Auswahl von Analysen definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/analysen_auswaehlen/ (besucht am 31.01.2024)

Dieses Modul nutzt das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.), um Teile der menschlichen und technischen Umgebung zu modellieren und adressiert damit den Bereich *Analyse* einer LLUA. Es wurden mit dessen Hilfe bereits die Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze erhoben sowie Anforderungen definiert, also die menschliche Umgebung modelliert.²³

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich beschrieben und hier somit nicht wiederholt.

²²https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/dokumentation_der_datenanalyse/#schema_und_template_fur_die_dokumentation, besucht am 31.01.2024

²³Dies gilt auch für alle folgenden Module dieses Clusters und wird in diesen nicht explizit wiederholt.

12.3.4 Modul: Daten verstehen und untersuchen

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Analyse“ (S. 177)
 - Anforderungen an das Verständnis und die Untersuchung von Daten definiert
 - „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation in Bezug auf das Verständnis und die Untersuchung von Daten definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/daten_verstehen/ (besucht am 31.01.2024)

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich beschrieben und hier somit nicht wiederholt.

Definition der benötigten Daten

Auf Grundlage der formulierten Analysefragen muss definiert werden, welche Daten prinzipiell benötigt werden, um diese zu beantworten. Zu diesem Zweck kann die Analysefrage wie folgt zerlegt werden:

- Identifizierung der Subjekte
- Identifizierung der Objekte
- Identifizierung der Tätigkeit
- Identifizierung der Einschränkungen (wie z. B. ein bestimmter Zeitraum oder ein bestimmtes Projekt)

Im Handbuch wird dieses Vorgehen an einem anschaulichen Beispiel demonstriert.

Erweiterung der Umgebungen

Um ein Zielschema zu modellieren und vorhandenen Datenquellen zu inspizieren, werden neben z. B. eines Editors möglicherweise spezielle Werkzeuge benötigt. Dazu erweitert dieses Modul den groben (s. Abbildung 12.6, S. 278) und den feinen Entwurf (s. Abbildung 12.7, S. 281) einer LLUA aus dem vorherigen Cluster. Somit nutzt es das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.), um die Modelle und die Realität der menschlichen und technischen Umgebungen zu erweitern.

Konzeptionelle Umsetzung Der grobe Entwurf wird um eine generelle *Datenbankmanagement* Komponente erweitert, wie in Abbildung 12.9 dargestellt.

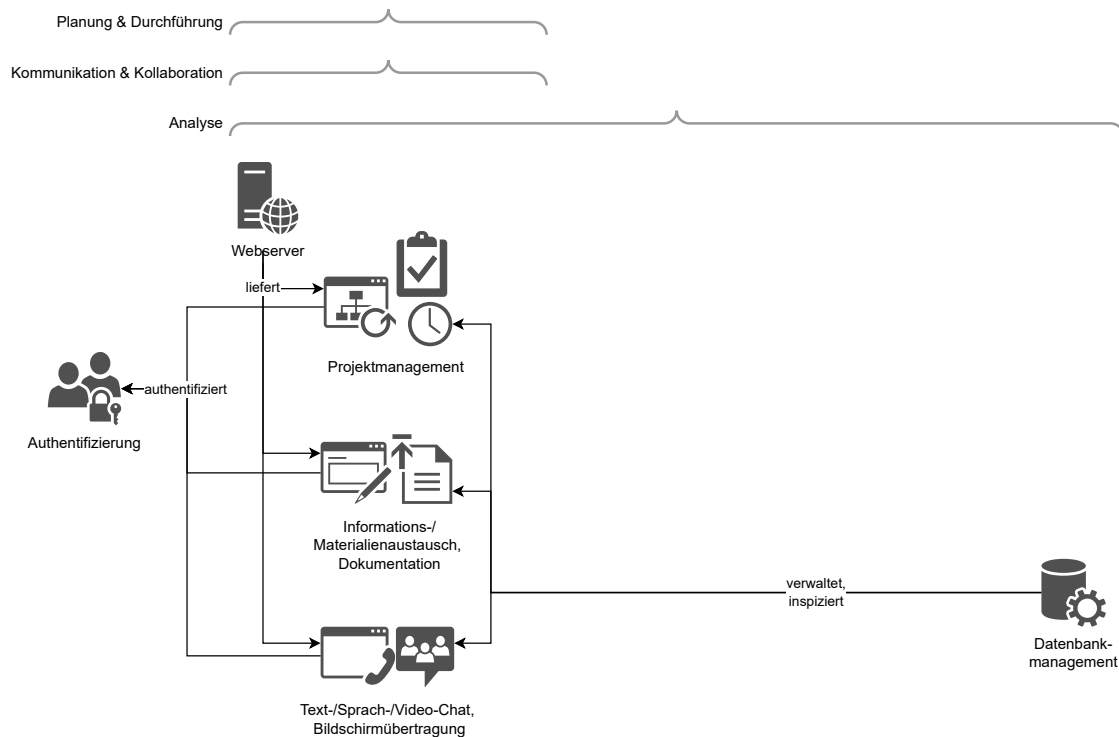


Abbildung 12.9: Der (erweiterte) grobe technische Entwurf für einen Teil des Bereichs *Analyse* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten.

Konkrete Umsetzung Der feine Entwurf wird um den Datenbankmanagementclient DBeaver²⁴ erweitert, wie in Abbildung 12.10 dargestellt.

DBeaver ist eine Software, die nicht wie andere Datenbankmanagementclients (wie z. B. pgAdmin²⁵) auf einem Server, sondern auf dem Endgerät der benutzenden Person installiert wird. Wieso sich bei der Entwicklung der exemplarischen LLUA im Bereich Datenbankmanagement für die Software DBeaver entschieden wurde, hat u. a. die folgenden Gründe:

- DBeaver ist auch in der freien *Community* Version eine universelle Datenbankmanagementsoftware. Das heißt, man kann mit DBeaver nicht nur *eine* Datenbanktechnologie managen, sondern viele verschiedene. Auf der Webseite von DBeaver werden für die Community Version 81 verschiedene Datenbanktechnologien angegeben, die unterstützt werden (Stand: 2023-04-13). Zwar war es bisher möglich, dass alle Werkzeuge in der LLUA, die eine Datenbank benötigen, mit PostgreSQL kompatibel sind, dennoch wäre die reine Unterstützung von PostgreSQL möglicherweise ein Hindernis bei der Erweiterung einer LLUA.
- Hinzu kommt der Aspekt, dass nicht nur die Veranstaltenden, sondern auch die Teilnehmenden der geschaffenen Lehrveranstaltungen mit dem Datenbankmanagement-

²⁴DBeaver Community 2024.

²⁵pgAdmin Community 2024.

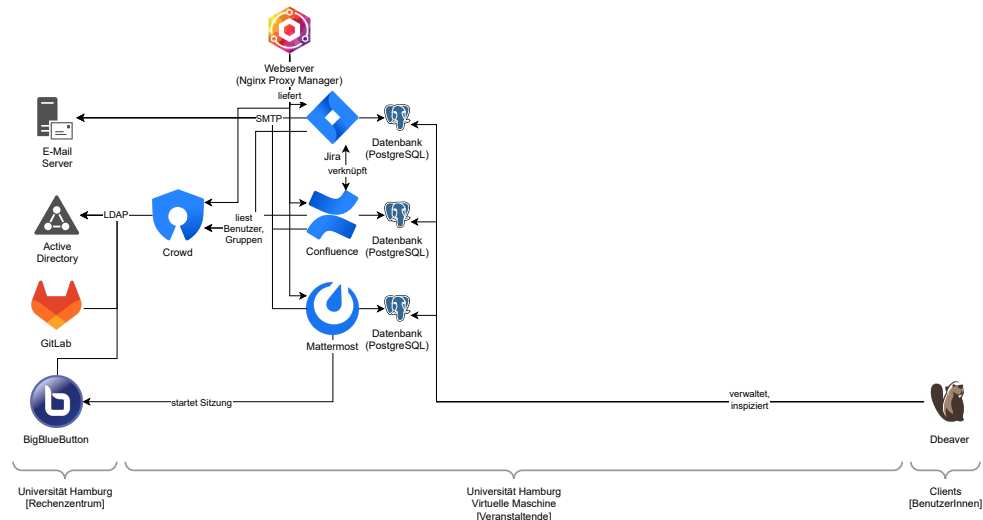


Abbildung 12.10: Der feine technische Entwurf für einen Teil des Bereichs *Analyse* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Werkzeugen sowie deren Lokalität (geschwungene Klammern) und die zugehörigen Verantwortlichen (eckige Klammern).

client arbeiten sollen. Auf diese Weise lernen sie den Umgang mit einer Software, die sie in vielen anderen Bereichen einsetzen können.

- Bei der Erprobung unterschiedlicher Datenbankmanagementclients wurde die Oberfläche von DBeaver als gut gestaltet und intuitiv empfunden. Dies ist ebenfalls ein Vorteil bei dem Einsatz in Lehrveranstaltungen, da viele Teilnehmende fast ausschließlich moderne Oberflächen gewohnt sind und sie bei schlecht gestalteten und altmodischen Oberflächen eine unterschwellige Abneigung gegenüber der Software entwickeln könnten.
- DBeaver wird für Windows, MacOS und Linux angeboten und die Installation ist auf allen drei Plattformen einfach.
- DBeaver ist eine *Open Source* Software und zusätzlich in der Community Version kostenlos nutzbar.

12.3.5 Modul: Daten aufzeichnen

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Analyse“ (S. 177)
 - Anforderungen an die Aufzeichnung von Daten definiert
 - „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation in Bezug auf die Aufzeichnung von Daten definiert

- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/daten_aufzeichnen/ (besucht am 31.01.2024)

Dieses Modul nutzt das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.) nicht nur, um die menschliche sowie technische Umgebung zu modellieren, sondern auch, um diese weiterzuentwickeln (vgl. Seite 223).

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich beschrieben und hier somit nicht wiederholt.

Abhängigkeiten der Datenaufzeichnung

Zu Beginn der Entwicklung einer LLUA sind in der Regel nicht alle Ziele definiert, die durch die Analyse von Daten erreicht werden sollen und es werden im Lauf der Zeit neue hinzukommen. In der Vergangenheit nicht aufgezeichnete Daten können eventuell das Erreichen dieser neuen Ziele erschweren oder verhindern. Dadurch würden z. B. Möglichkeiten für die Ursachenforschung oder für semesterübergreifende Vergleiche verloren gehen. Dennoch sollte darauf verzichtet werden, Daten aufzuzeichnen und zu speichern, für die auch in Zukunft keine Verwendung gesehen wird (ausgenommen sind hier Daten, welche die LLUA selbst zur Erfüllung ihrer Funktionalitäten oder die AdministratorIn zur gewissenhaften Durchführung ihrer Arbeit benötigt). Auf der anderen Seite sollten den Personen keine Verhaltenskonventionen auferlegt werden, mit denen Daten aufgezeichnet werden können, für die es bisher keine Verwendung gibt. Aus diesen Gründen sollten folgende Grundsätze verfolgt werden:

- Wenn (nahe) Ziele existieren, bestimmte Sachverhalte zu untersuchen, so sollten Maßnahmen ergriffen werden, die korrespondierenden Daten aufzuzeichnen und zu speichern.
- Wenn keine (nahen) Ziele existieren, bestimmte Sachverhalte zu untersuchen, so sollten die Daten nicht aufgezeichnet werden.
- Wenn die LLUA mit Fähigkeiten der Datenaufzeichnung ausgestattet wurde und später neue Erkenntnisse dazu führen, dass diese Daten nicht benötigt werden, so sollten diese Fähigkeiten abgeschaltet und die aufgezeichneten Daten gelöscht werden.
- Verhaltenskonventionen für die Datenaufzeichnung werden den Personen nur auferlegt, wenn für die daraus resultierenden Daten aktuell eine Absicht der Analyse besteht.

Technische Umgebung

Die beabsichtigten Daten werden in einer LLUA mit den konzeptionellen Komponenten *Projektmanagement*, *Informations-/Materialienaustausch*, *Dokumentation* und *Text-/Sprach-/Video-Chat*, *Bildschirmübertragung* aufgezeichnet. An diesen Stellen überlappen sich die Bereiche „Planung & Durchführung“, „Kommunikation & Kollaboration“ und „Analyse“ einer LLUA.

In der exemplarischen LLUA wird die explizite Datenaufzeichnung von den Softwareanwendungen Jira, Confluence und Mattermost vollzogen. Auch hier überlappt sich die

praktisch orientierte Unterstützung der Veranstaltenden und Teilnehmenden in einer projektbasierten Lehrveranstaltung auf der technischen Ebene mit den Absichten der Datenaufzeichnung.

Somit müssen sowohl der grobe als auch der feine Entwurf einer LLUA nicht erweitert werden.

Menschliche Umgebung/Verhaltenskonventionen

Wie bereits bei der Konzeption dieses Moduls beschrieben (vgl. Seite 242), stehen hier die Verhaltenskonventionen im Fokus, welche die Datenaufzeichnung betreffen und wie diese kommuniziert und motiviert werden können.

Im Folgenden werden beispielhaft einige konkrete Verhaltenskonventionen genannt:

- Der aktuelle Status eines Jira Tickets muss die Realität widerspiegeln (z. B.: wird gerade an der Aufgabe gearbeitet: *In Progress*; ist die Aufgabe abgeschlossen: *Closed*).
- Jedem Jira Ticket ist eine verantwortliche Person zuzuweisen (spätestens vor Beginn der Arbeit).
- Wenn eine Versionsverwaltung für Programmcode genutzt wird, müssen die Commit Messages die ID des zugehörigen Jira Tickets beinhalten.
- Die gesamte Dokumentation der Tätigkeiten muss in Confluence erstellt bzw. dort hochgeladen werden.
- Die textuelle Kommunikation erfolgt mittels Mattermost.

Weitere Erläuterungen, Beispiele sowie Vorschläge für die Kommunikation und Motivation von Verhaltenskonventionen sind im Handbuch zu finden.

12.3.6 Modul: Daten vorverarbeiten und sammeln

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Analyse“ (S. 177)
 - Anforderungen an die Vorverarbeitung und das Sammeln von Daten definiert
 - „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation in Bezug auf die Vorverarbeitung und das Sammeln von Daten definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/daten_vorverarbeiten/ (besucht am 31.01.2024)

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich beschrieben und hier somit nicht wiederholt.

Erweiterung der Umgebungen

Um ein Zielschema zu modellieren und vorhandenen Datenquellen zu inspizieren, werden z. B. neben eines Editors möglicherweise spezielle Werkzeuge benötigt. Dazu erweitert dieses Modul den groben (s. Abbildung 12.9, S. 292) und den feinen Entwurf (s. Abbildung 12.10, S. 293) einer LLUA. Somit nutzt es das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.), um die Modelle und die Realität der menschlichen und technischen Umgebungen zu erweitern.

Konzeptionelle Umsetzung Der grobe Entwurf wird um generelle *Datenverarbeitung* und *Datensammlung* Komponenten erweitert, wie in Abbildung 12.11 dargestellt.

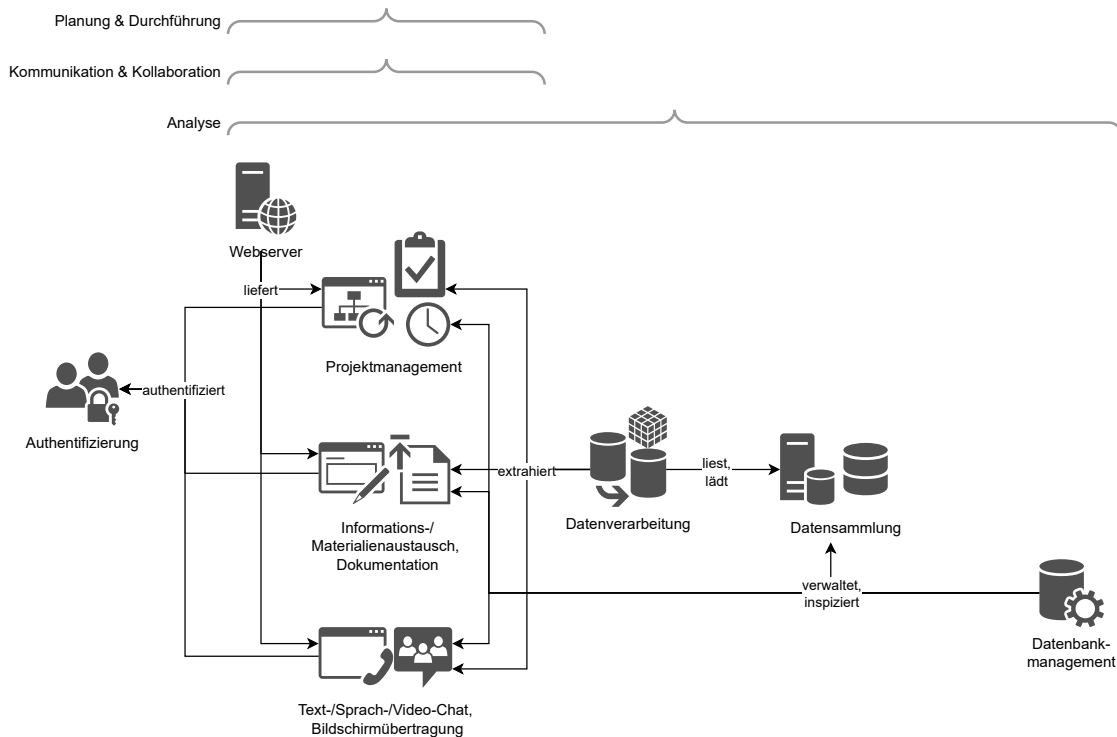


Abbildung 12.11: Der (erweiterte) grobe technische Entwurf für einen Teil des Bereichs *Analyse* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten.

Konkrete Umsetzung Zur Vorverarbeitung der Daten können unterschiedliche Ansätze verfolgt werden. Die Spanne reicht von händischer Arbeit, über Tabellenverarbeitungsprogramme oder der Nutzung selbst entwickelter Skripte bzw. Softwareanwendungen bis hin zu für die Datenintegration spezialisierten Softwareanwendungen – oder eine Kombination der zuvor genannten. Welcher Ansatz verfolgt werden sollte, hängt sowohl von den Quellen als auch der/den Senke(n) sowie von den vorhandenen Vorkenntnissen der Personen ab, welche die Rolle DatenintegratorIn ausleben.

Im Kontext der exemplarischen LLUA hat sich eine Kombination aus selbst entwickelten Skripten und spezialisierten Datenintegrationsprogrammen bewährt. Dabei wird der

Hauptteil der Arbeit von letzteren übernommen. Die Skripte dienen vorrangig dazu, erzeugte Daten zu verschieben, um diese zum Download bereitzustellen.

In der exemplarischen LLUA werden der Server (PDI-Server) und der Client (PDI-Client) [Hitachi Vantara 2024c] – auch *Spoon* genannt – der Datenintegrationsumgebung *Pentaho Data Integration* (PDI) eingesetzt. Der Server wird vorrangig als Repository und Ausführungsumgebung für die *Jobs* und *Transformationen* genutzt, durch welche der (Hauptteil des) ETL-Prozess durchgeführt wird. Der Client dient den Personen dazu, die Jobs und Transformationen zu entwickeln und zu *debuggen*. Es ist auch möglich, nur den Client einzusetzen und die Jobs und Transformationen ausschließlich lokal auszuführen. Aus Datenübertragungs- und Performancegründen ist es jedoch ratsam, diese auf einem leistungsstarken Server o. ä. auszuführen²⁶. Für diese PDI-Umgebung werden mit dem Handbuch einige Prozeduren (genannt *Jobs* und *Transformationen*) bereitgestellt und außerdem werden mit dem Client einige der Prinzipien der Datenvorverarbeitung illustriert.

Die Entscheidung für den Einsatz des Pentaho Servers wurde vorrangig durch den Beschluss geprägt, den Pentaho Client zu nutzen. Unter anderem aus den folgenden Gründen ist in der exemplarischen LLUA für die Unterstützung der Entwicklung und Ausführung von ETL-Prozessen die Wahl auf den Pentaho Client bzw. Spoon gefallen:

- Um den positiven Aspekt des ETL-Prozesses auszunutzen, Datenoperationen in einem grafischen und ausführbaren Diagramm zu modellieren [Ranjan 2009], sollte ein Werkzeug zum Einsatz kommen, das die Entwicklung von ETL-Prozessen grafisch unterstützt.
- Die visuelle Entwicklung eines ETL-Prozesses wurde in Spoon als intuitiv empfunden und wird durch eine große Anzahl vorgefertigter Operationen (sogenannte *Steps*) unterstützt [Hitachi Vantara 2024d]. Außerdem existiert eine umfassende Dokumentation. Dadurch bietet Spoon auch für Unerfahrene einen guten Einstieg in die Entwicklung von ETL-Prozessen.
- Die vorgefertigten Steps unterstützen nicht nur simple ETL-Operationen, sondern darüber hinaus z. B. auch die Datenbereinigung [Hitachi Vantara 2024b]. Sollten diese dem Anwendungsfall nicht genügen, so kann bspw. auch auf die Ausführung von Skripten zurückgegriffen oder es können eigene Steps erstellt werden.
- Die entwickelten Jobs und Transformationen können *step-by-step* debuggt werden, indem z. B. eine Vorschau bestimmter Steps erzeugt wird oder die eingehenden sowie ausgehenden Datenfelder inspiziert werden können. Dadurch lassen sich die Auswirkungen der einzelnen Steps im Prozess nachvollziehen.
- Spoon ist mit einer Vielzahl an Datenbanken sowie Dateitypen kompatibel und bietet somit eine ausreichende Flexibilität bei der Wahl der Quellen und Senken [Hitachi Vantara 2024a].
- Aufgrund der intuitiven Gestaltung und Flexibilität ist Spoon auch im Rahmen der Lehre gut einsetzbar und bietet den Teilnehmenden einen Mehrwert über die Veranstaltung hinaus. Die Teilnehmenden lernen somit ein Werkzeug kennen, dass sie auch in anderen Kontexten gewinnbringend einsetzen könnten.
- Darüber hinaus ist Spoon für Windows, MacOS und Linux verfügbar, ist *Open Source* und zusätzlich frei nutzbar.

²⁶Im Kontext dieses Forschungsprojekts wurden die ETL-Prozesse mit akzeptabler Laufzeit in der auf Seite 314 beschriebenen virtuellen Maschine ausgeführt.

Als möglicherweise sehr gute Alternative zu PDI ist an dieser Stelle *Apache Hop* [The Apache Software Foundation 2024] zu nennen. Dieses basiert zu Teilen auf Spoon und die grafischen Oberflächen der beiden Softwareanwendungen zur Erstellung von Jobs und Transformationen ähneln sich stark. Außerdem lassen sich Jobs und Transformationen, die mit Spoon erstellt wurden, in das Apache Hop spezifische Dateiformat umwandeln.

Da Apache Hop erst im Oktober 2021 in der Version 1.0 erschienen ist, konnte es im Rahmen der Entwicklung des LLUA-Rahmenwerks leider nicht ausgiebig erprobt werden, womit die PDI-Umgebung hier vorgezogen wurde.

Die Senke, also die *Datensammlung*, ist in der exemplarischen LLUA zweigeteilt. Zum einen wird eine PostgreSQL Datenbank genutzt, um Daten für die Analyse mittels *Business Intelligence* (BI) bereitzustellen. Zum anderen werden flache Tabellen als CSV-Dateien gespeichert, um die Daten für *Process Mining* (PM) Analysen verfügbar zu machen (vgl. Seite 244). Diese Dateien werden außerdem mit der Hilfe eines *File Servers* zum Download bereitgestellt (welcher mittels eines NGiNX Webservers realisiert wird). Dies ist in Abbildung 12.12 dargestellt.

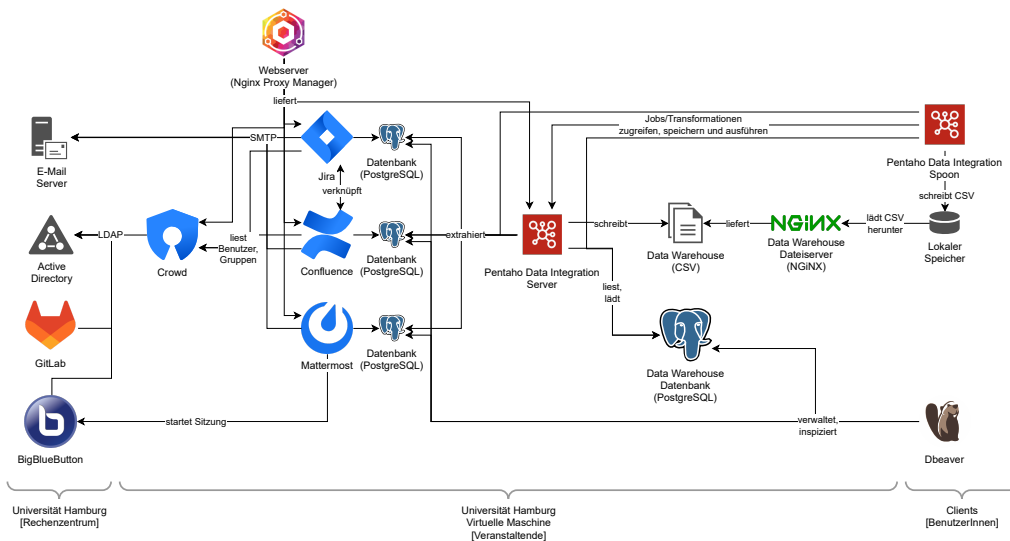


Abbildung 12.12: Der feine technische Entwurf für einen Teil des Bereichs *Analyse* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Werkzeugen sowie deren Lokalität (geschwungene Klammern) und die zugehörigen Verantwortlichen (eckige Klammern).

Bei der Wahl der DWH Technologie ist zu berücksichtigen, dass alle Werkzeuge, die dieses managen, mit Daten befüllen oder aus diesem Daten auslesen sollen, mit der gewählten Technologie kompatibel sind. Für die exemplarische LLUA wurde entschieden, keine spezialisierte DWH Software einzusetzen. Stattdessen wurde eine generelle Datenbank gewählt, welche die Senke für die BI Daten darstellt. Als Datenbanktechnologie wird für die Softwareanwendungen, welche die Daten aufzeichnen, PostgreSQL eingesetzt und ist somit den beteiligten Personen bereits bekannt. Die Entscheidung diese Datenbanktechnologie als Datenbank für das DWH zu nutzen, ist vorrangig der Einfachheit und der Reduktion der Komplexität der gesamten Umgebung (Setup, Nutzung, Abhängigkeiten, Wartung etc.) geschuldet. Die Erprobung hat gezeigt, dass die PostgreSQL Datenbank den

Performanceanforderungen genügt, da nur z. B. in der Veranstaltungszeit vermehrt (bei bis zu 25 Teilnehmenden weiterhin wenige) parallele Datenbankoperationen ausgeführt werden.

Mit Spoon lassen sich flache Tabellen als CSV-Dateien speichern und die in der exemplarischen LLUA eingesetzten PM Werkzeuge können diese nutzen/importieren. Aus diesem Grund wurde entschieden, die Daten für die PM Werkzeuge in diesem Format bereitzustellen.

Diese CSV-Dateien werden mittels einfacher *Bash*-Skripte an einen Ort kopiert, von wo aus sie mittels eines NGiNX Webservers zum Download bereitgestellt werden. Als Webservertechnologie wird hier NGiNX eingesetzt, weil auf der einen Seite bereits ein NGiNX (in Form des *Nginx Proxy Managers*²⁷) betrieben wird, um die Weboberflächen der restlichen Softwareanwendungen in der exemplarischen LLUA anzubieten. Auf der anderen Seite haben die AdministratorInnen der betrachteten Lehrveranstaltungen ausreichend Erfahrung mit NGiNX.

12.3.7 Modul: Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Analyse“ (S. 177)
 - Anforderungen an das Analysieren von Daten definiert
 - „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation des Analyseprozesses definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/untersuchung_von_fakten_strukturen_verhalten/ (besucht am 31.01.2024)

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich beschrieben und hier somit nicht wiederholt.

Erweiterung der Umgebungen

Für die Analyse von Fakten, Strukturen und Verhalten werden spezielle Werkzeuge benötigt. Im Kontext der Entwicklung dieses Rahmenwerks werden dazu Werkzeuge gewählt, die Datenanalysen im Sinne des BI bzw. PM ermöglichen. Dazu erweitert dieses Modul den groben (s. Abbildung 12.9, S. 292) und den feinen Entwurf (s. Abbildung 12.10, S. 293) einer LLUA. Somit nutzt es das *Konzept der Abbildung* (s. Seite 220 ff.), um die Modelle und die Realität der menschlichen und technischen Umgebungen zu erweitern.

Prinzipielle Umsetzung Der grobe Entwurf wird um eine generelle *Datenanalyse* Komponente erweitert, wie in Abbildung 12.13 dargestellt.

²⁷<https://nginxproxymanager.com/>, besucht am 31.01.2024

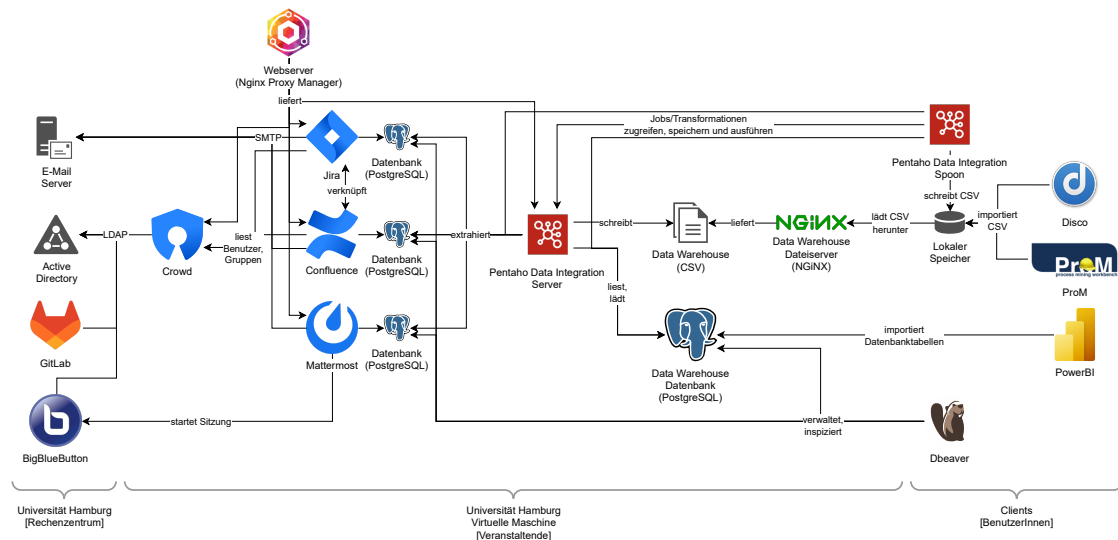


Abbildung 12.14: Der feine technische Entwurf für einen Teil des Bereichs *Analyse* einer LLUA. Dargestellt sind die Nutzungsbeziehungen zwischen den einzelnen Softwareanwendungen bzw. Technologien sowie deren Lokalität (geschwungene Klammern) und die zugehörigen Verantwortlichen (eckige Klammern).

- Aufgrund der visuellen Gestaltung von Berichten, wurde die Verwendung bei der Erprobung in der exemplarischen LLUA als benutzerfreundlich und intuitiv empfunden.
- Unterstützt wird dies durch eine umfangreiche Dokumentation. In diesem Rahmen werden auch Hilfestellungen für Einsteiger und geführtes Lernen angeboten [Microsoft 2024e].
- Power BI ist mit einer Vielzahl von Datenquellen kompatibel [Microsoft 2024c] was dazu führt, dass die Teilnehmenden der Lehrveranstaltung ein Werkzeug erlernen, welches sie auch in anderen Kontexten gewinnbringend einsetzen können. Dass Power BI dazu eine weitverbreitete Analytics und BI Plattform ist, wird z. B. durch den *Gartner Magic Quadrant* aus dem Jahr 2022 für diesen Bereich gezeigt [Microsoft 2024a]. Somit erlernen die Teilnehmenden ein Werkzeug, welches ihnen möglicherweise auch in ihrer beruflichen Laufbahn begegnen wird.
- Die Ansicht und Inspektion des Datenmodells werden grafisch unterstützt. So lassen sich Zusammenhänge sowohl einfach modellieren als auch nachvollziehen, inwiefern z. B. das Filtern von bestimmten Attributen die betrachteten Daten einschränkt.
- Außerdem lässt sich das Datenmodell mittels der beiden Sprachen *DAX*²⁹ und *Power Query M*³⁰ manipulieren/kombinieren/erweitern und so können z. B. individuelle Aggregationen erzeugt und deren Nützlichkeit erprobt werden. Diese könnten ggf. später in die Datenvorverarbeitung eingebracht werden.

²⁹<https://learn.microsoft.com/en-us/dax/>, besucht am 31.01.2024

³⁰<https://learn.microsoft.com/en-us/powerquery-m/>, besucht am 31.01.2024

- Weitere Gründe für die Nutzung von Power BI waren z. B., dass die Veranstaltenden der betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen über Vorwissen verfügten und eine kostenlose Nutzung möglich ist (in der Desktop Variante).
- Zwar ist es ein entscheidender Vorteil, dass Power BI Desktop sich ohne Aufwand lokal installieren und nutzen lässt, ohne die Daten, wie bei anderen BI-Werkzeugen, in die Cloud laden zu müssen. Jedoch bringt dies auch den größten Nachteil mit sich: Power BI Desktop ist lediglich für Windows verfügbar.

Eine Alternative zu Power BI könnte z. B. Metabase [Metabase 2024] sein. Gian-Luca Gücük hat Metabase in seiner Bachelorarbeit [Gücük 2023], im Kontext der exemplarischen LLUA, erprobt, um erste BI Datenanalysen in Echtzeit bereitzustellen. Es ist jedoch anzumerken, dass der Einstieg und die Durchführung von Analysen mit Power BI als leichter empfunden wurden. Vorteile von Metabase sind, dass es *Open Source* ist, als zentrale Instanz selbst gehostet werden kann und dadurch global verfügbare *Dashboards* erzeugt werden können.

Das erste Werkzeug zur Durchführung von PM-Analysen, welches in die exemplarische LLUA integriert wurde, ist ProM. Unter anderem wurde aus den folgenden Gründen entschieden, dieses zu integrieren:

- ProM ist ein akademisch orientiertes Werkzeug mit einer aktiven Community, von welcher es kontinuierlich weiterentwickelt wird. Es ist *Open Source* sowie Plugin-basiert und bietet somit für jede/n die Möglichkeit der Erweiterung. Aus diesem Grund existieren bereits in der Vollversion eine Vielzahl von unterstützten Dateiformaten, Minern und Visualisierungen.
- Mit ProM können nicht nur *Event Logs* gefiltert und *Process Discovery* durchgeführt werden, sondern es bietet auch Plugins für das *Conformance Checking* und *Model Enhancement* an [ProM Tools 2024b]. Darüber hinaus werden Performanceanalysen ermöglicht, mit dessen Hilfe z. B. Engpässe in den Prozessen identifiziert werden können.
- Hinzu kommt, dass ProM *Social Mining* unterstützt, wodurch strukturelle Analysen aufgrund der vermeintlichen Interaktionen zwischen Personen durchgeführt werden können.
- Der Einstieg ins PM kann mit ProM eine Herausforderung darstellen. Jedoch werden kostenlose Onlinekurse angeboten [ProM Tools 2024a]. Die Komplexität bedeutet für die Teilnehmenden der betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen zwar eine hohe Einstiegshürde, zahlt sich aber aus, indem sie den Umgang mit einem Werkzeug erlernen, dass sie in vielen Kontexten und für unterschiedlichste Anwendungsfälle einsetzen können.
- Zusätzlich ist die Nutzung von ProM kostenlos und für Windows, MacOS und Linux verfügbar.

In die exemplarische LLUA wurde außerdem Disco als ein weiteres PM-Werkzeug integriert. Wieso die Integration eines weiteren Werkzeugs – neben ProM – als sinnvoll erachtet wurde und die Wahl auf Disco gefallen ist, hat u. a. die folgenden Gründe:

- Da der Einstieg in ProM relativ schwierig ist und einige Schritte notwendig sind, bis die ersten brauchbaren Ergebnisse auf dem Monitor erscheinen, kam der Bedarf nach einem weiteren PM-Werkzeug auf. Dieses sollte ProM nicht ersetzen, sondern ergänzen.

- Bei dem Einsatz von ProM muss die benutzende Person relativ genau wissen, was sie erreichen will. Disco ist ein PM-Werkzeug, das den Einstieg sehr einfach macht. Nach nur wenigen Klicks wird das erste Prozessmodell dargestellt und von diesem ausgehend kann sowohl der importierte *Event Log* als auch der generierte Prozess untersucht werden.
- In den betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen konnte beobachtet werden, dass die Teilnehmenden mit Disco schnelle Ergebnisse erzielen konnten und dieses Werkzeug gerne benutzten. Dazu trägt z. B. auch die Möglichkeit bei, ohne weiteren Aufwand, die Historie des Prozesses auf dem Prozessmodell visuell abzuspielen.
- Disco basiert auf dem *Fuzzy Miner* [Fluxicon 2024b], welcher ebenfalls als Plugin in ProM verfügbar ist (die interaktiven Oberflächen der beiden Softwareanwendungen ähneln sich). Somit lassen sich die Experimente bzw. Ergebnisse, die in Disco durchgeführt bzw. erreicht worden sind, anschließend in ProM nachbilden und dort mit diesen Ergebnissen weiterarbeiten.
- Auch ist es möglich, den gefilterten und weiter aufbereiteten Event Log z. B. als CSV-Datei zu exportieren und in andere PM-Werkzeugen (wie ProM) zu importieren.
- Der vollständige *User Guide*³¹ bietet einen einfachen Einstieg in Disco, welcher durch die herunterladbaren *Demo Logs*³² ergänzt wird.
- Disco ist zwar ein kommerzielles Werkzeug, aber mit z. B. einer universitären E-Mail-Adresse lässt sich innerhalb weniger Minuten eine akademische Lizenz beantragen und es ist für Windows und MacOS verfügbar.

Ein alternatives/ergänzendes Werkzeug für PM in einer LLUA könnte in Zukunft *Apro-more* [Apromore Pty Ltd 2024a] darstellen. Im März 2023 wurde Apromore in dem *Leader Quadrant* des *2023 Gartner Magic Quadrant for Process Mining Tools* platziert [Apromore Pty Ltd 2024c]. Es kann selbst gehostet werden und es kann eine akademische Lizenz beantragt werden, allerdings ist die akademische Lizenz – laut der offiziellen Webseite – zurzeit nur im Rahmen der *Software as a Service* Lösung nutzbar [Apromore Pty Ltd 2024b].

Dennoch wird die (damalige) Entscheidung ProM und Disco einzusetzen von einer im Jahr 2022 veröffentlichten Studie [Sypsas und Kalles 2022] unterstützt/bestätigt, laut welcher ProM und Disco die Plätze 1 und 2 unter den meistgenutzten PM-Werkzeugen im Bereich des *Educational Data Mining* belegen.

12.3.8 Modul: Analysen bewerten und interpretieren

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Analyse“ (S. 177)
 - Anforderungen an das Bewerten und Interpretieren von Analysen definiert

³¹<https://fluxicon.com/book/read/reference/>, besucht am 31.01.2024

³²<https://fluxicon.com/disco/files/Disco-Demo-Logs.zip>, besucht am 31.01.2024

- „Bereich: Reflexion“ (S. 187)
 - Anforderungen an das Reflexion auf der Basis von Analysen definiert
- „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation des Analyseprozesses definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/analysen_bewerten_und_interpretieren/ (besucht am 31.01.2024)

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich mit Hilfe konkreter Beispiele veranschaulicht und hier somit nicht wiederholt.

Sowohl der grobe als auch der feine Entwurf einer LLUA müssen durch diesen und den folgenden Cluster nicht erweitert werden. Somit wird an dieser Stelle für die vollständigen Entwürfe auf Abbildung 10.9 (grober Entwurf) und Abbildung 12.14 (feiner Entwurf) verwiesen.

Qualität und positiven Nutzen sicherstellen

Bevor die Analysen genauer betrachtet werden, sollten sie auf etwaige offensichtliche Fehler hin untersucht werden. Dazu können die folgenden (und ähnliche) kritischen Fragen gestellt und beantwortet werden:

- Wurden die richtigen und alle Daten berücksichtigt/importiert?
- Wurden die richtigen Zeiträume gewählt?
- Stehen die Analysen im Einklang mit der Realität oder sind Widersprüche zu bekannten Strukturen/Fakten/Prozessen zu erkennen?
 - Entspricht z. B. die Anzahl der agierenden Personen denen, die an der Lehrveranstaltung beteiligt sind?
- Decken sich die Zahlen oder stehen diese im Widerspruch zueinander?
 - Entspricht z. B. die Summe aufgeteilter Werte (auf Personen, Wochentage etc.) dem Gesamtwert?
- Sind die Daten in den Darstellungen richtig und sinnvoll zueinander in Beziehung gesetzt worden?
 - Sind z. B. die Skalen bei Darstellungen, die miteinander verglichen werden sollen, einheitlich gewählt worden?

Anschließend sollte überprüft werden, ob die Analysen überhaupt die Analysefragen adressieren. Die Analysen können nicht nur die Fragen verfehlen, sondern auch zu wenig oder sogar auch zu viel Detailgrad bieten.

- Stellen die Analysen Informationen dar, die dabei helfen, die Analysefragen zu beantworten?

Werden offensichtliche Fehler festgestellt, bestehen Unklarheiten oder adressieren die Analysen nicht die Analysefragen, ist dies zu klären, bevor mit der Interpretation begonnen wird.

Außerdem ist es wichtig, vor der Interpretation zu überprüfen, ob die abgestimmten Persönlichkeitsrechte der agierenden Personen gewahrt werden. Ist z. B. nur die Untersuchung pseudonymisierter Daten vereinbart – wovon in diesem Kontext hier ausgegangen wird – so dürfen von keiner Person einzelne Pseudonyme durch die Darstellungen aufgeschlüsselt werden können. Das eigene Verhalten in den Darstellungen wiederzuerkennen kann leicht sein, wenn man z. B. die einzige Person ist, die etwas getan oder gelassen hat. Jedoch lässt sich bei genügend Wissen über andere Personen auch deren außergewöhnliches Verhalten wiedererkennen. Daraus können sich Diskriminierungen ergeben, die möglichst zu vermeiden sind.

- Zeigen die Darstellungen außergewöhnliches Verhalten, mit dessen Hilfe einzelne Pseudonyme aufgeschlüsselt werden können?
- Zeigen die Darstellungen außergewöhnliches Verhalten, auf dessen Grundlage einzelne Personen oder Gruppen von Personen diskriminiert werden könnten?

Wenn dies der Fall ist, müssen die Darstellungen angepasst werden (z. B. durch Ausblenden der Pseudonyme). In einigen Fällen müssen diese auch verworfen werden, wenn keine Anpassungen ohne zu großen Informationsverlust möglich sind.

Interpretation

Ziel der Interpretation ist es, die Analysen in einen realweltlichen Zusammenhang zu bringen, um so Informationen abzuleiten, die gewinnbringend eingesetzt werden können.

Die Interpretation durchgeführter Analysen wird immer vor dem Hintergrund der ausgehenden Analysefrage durchgeführt. Sie ist eine individuelle und anspruchsvolle Tätigkeit. Es müssen unterschiedliche Einflussfaktoren, wie z. B. der allgemeine Kontext und die Erwartungen, die Datenmenge, die Anzahl der Personen und die Phasen der Lehrveranstaltung oder der betrachtete Zeitraum einbezogen werden.

Um die Veranstaltenden und Teilnehmenden in den Lehrveranstaltungen zu unterstützen, kann es nützlich sein, konkrete Anpassungsvorschläge abzuleiten. Durch diese kann ihnen vorgeschlagen werden, inwiefern sie ihr Verhalten anpassen sollten, um z. B. einem angestrebten Verhalten (welches erlernt werden soll) stärker zu entsprechen. In anderen Fällen können diese auch Anpassungen für die Struktur der Lehrveranstaltung oder den zurzeit angebotenen Lernmaterialien beinhalten.

Die analysierenden Personen müssen die Erkenntnis erlangen, dass die Ergebnisse der Datenanalyse kein Spiegel der Realität sind, sie also kein umfassendes Abbild dieser vermitteln. Durch die Datenanalyse wird lediglich ein Ausschnitt abstrakt und vereinfacht betrachtet.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Schlüsse und die Informationen, die durch die Interpretation gezogen bzw. generiert werden, können davon abhängen, wer diese Interpretation durchführt. Denn die Ergebnisse werden zu Teilen vom Vor- und Kontextwissen der analysierenden Personen beeinflusst.

Für die Interpretation kann wie folgt vorgegangen werden:

- Bekannte Fakten festhalten (betrachteter Zeitraum, aktive Teilnehmende, vorherige Analysen etc.)
- Erwartungen formulieren
- Darstellungen beschreiben und Fakten extrahieren

- Übereinstimmungen, Abweichungen und sonstige Auffälligkeiten festhalten
- Hypothesen für die Übereinstimmungen und Abweichungen formulieren (und ggf. überprüfen)
- Einschränkungen der Interpretationsfähigkeit benennen
- Anpassungsvorschläge ableiten

12.3.9 Modul: Kommunikation und Reflexion

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze in der Datenanalyse der Rollen mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Bereich: Reflexion“ (S. 187)
 - Anforderungen an die Kommunikation und Reflexion von Analyseergebnissen definiert
 - „Bereiche: Analyse und Reflexion“ (S. 191)
 - Die Bereiche Analyse und Reflexion überspannenden Anforderungen an die Dokumentation des Analyseprozesses definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/kommunikation_und_reflexion/ (besucht am 31.01.2024)

Das Ziel der Kommunikation der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge ist es, diese gewinnbringend einzusetzen – also einen positiven Einfluss auf die Teilnehmenden und Veranstaltenden bzw. auf die Lehrveranstaltung selbst zu generieren.

Die aktive und bewusste Selbstreflexion soll dazu beitragen, dass die analysierten Personen sich mit den Analyseergebnissen und den Anpassungsvorschlägen auseinandersetzen, um ihr eigenes Verhalten zu hinterfragen, bestätigt zu sehen oder anzupassen.

Kommunikation

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass die Kommunikation (insb. die Besprechung und die Untersuchung von Hypothesen durch Befragung) eine Gefahr für die Geheimhaltung der Pseudonyme beinhaltet (s. u.).

Der Kommunikationsprozess muss mit den Veranstaltenden und Teilnehmenden gemeinsam vorbereitet und die Absichten erläutert werden (s. u.). Diese dürfen z. B. nicht davon überrascht werden, dass die Ergebnisse veröffentlicht werden.

Für die Kommunikation der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge existieren unterschiedliche Methoden. Die hier im Folgenden aufgeführten erschöpfen diese nicht, sondern dienen lediglich als Orientierung und dazu, gewonnene Erfahrungen an Beispielen zu erläutern.

Außerdem kann die Kommunikationsform davon abhängen, ob nur pseudonymisierte Daten untersucht wurden und somit einzelnen Personen kein direktes Feedback gegeben

werden kann oder ob nicht-pseudonymisierte Daten untersucht wurden. Letzteres erfordert einen diskreten Umgang in der Kommunikation und es wird dazu geraten, Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge, die aus solcher Analyse entstammen, lediglich der betroffenen Person zur Verfügung zu stellen und mit dieser vertraulich zu besprechen.

Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass nur pseudonymisierte Daten untersucht werden und einzelne Individuen in den Analyseergebnissen nicht (einfach) identifiziert werden können. Außerdem werden diese lediglich autorisierten Personen zur Verfügung gestellt.

Absichten erläutern Alle Veranstaltenden und Teilnehmenden der zu untersuchenden Lehrveranstaltung sollten darüber aufgeklärt werden, inwiefern Daten aufgezeichnet werden und welche Art von Analysen zu erwarten sind. Es sollte motiviert werden, dass dies zur Verbesserung ihrer eigenen Lehr- und Lernerfahrung und der Lehrveranstaltung beitragen soll und nicht dazu dient, einzelne Personen zu diskriminieren oder ihnen auf andere Art zu schaden.

Werden die Veranstaltenden und Teilnehmenden z. B. mit Analyseergebnissen und Anpassungsvorschlägen überrascht, so könnten diese weniger wohlwollend aufgenommen werden oder sich kein positiver Nutzen generieren lassen.

Es sollte eine Kultur des gemeinsamen Lehrens und Lernens propagiert werden, die durch die Datenanalyse unterstützt wird. In dieser stehen kooperative Unterstützung und Transparenz im Vordergrund. Negative Konkurrenzgedanken sollten nicht gefördert – und besser noch entkräftet – werden.

Veröffentlichen Unabhängig davon, in welcher Form die Veröffentlichung vollzogen wird, sollte der Zeitpunkt so gewählt sein, dass Personen verfügbar sind, welche die Analyseergebnisse und abgeleiteten Anpassungsvorschläge erläutern können. Außerdem sollten die Anpassungsvorschläge präzise formuliert und immer in schriftlicher Form (zum Nachlesen) zur Verfügung gestellt werden.

Zur Veröffentlichung bieten sich z. B. die folgenden Medien an:

- Blog
- Wiki
- Präsentation
- (Rund-)Mail
- (Gruppen-)Chat

Eine Umfrage hat ergeben, dass die Teilnehmenden eine Präsentation bevorzugen (s. Abbildung 12.15). An zweiter Stelle liegt eine Kombination aus Präsentation und Blog-Post. Alternativ dazu wurden ein alleiniger visueller und textueller Beitrag (in Form eines Blog-Posts) als weniger hilfreich empfunden. Bereits die aktive mündliche Präsentation z. B. des Blog-Posts ist hilfreich, auch wenn keine zusätzlichen Präsentationsfolien benutzt und zur Verfügung gestellt werden.

So können Visualisierungen, Schrift und Sprache eingesetzt werden. Der schriftliche Teil erläutert die Analyseergebnisse (Visualisierungen) und die Anpassungsvorschläge. Dauerhaft zur Verfügung gestellt, dient dieser außerdem dazu, dass die Personen später einzelne Teile genauer betrachten, nachlesen und selbst nachvollziehen können. Der sprachliche Teil dient dazu, den Personen die vorliegenden Ergebnisse näher zu bringen und ihnen schwierige Sachverhalte zu erläutern.

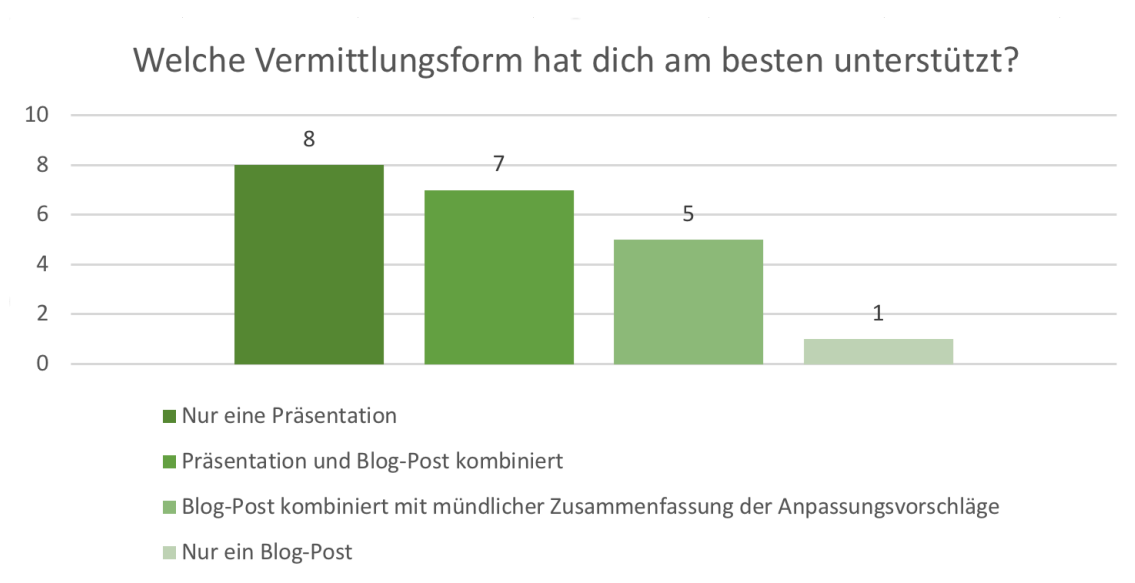


Abbildung 12.15: Ausschnitt aus einer anonymen Umfrage, die darauf abzielte herauszufinden, inwiefern und wodurch sich die Teilnehmenden durch die Datenanalysen und deren Kommunikation unterstützt fühlen. Die Umfrage wurde in einer Lehrveranstaltung im Sommersemester 2022 an der Universität Hamburg durchgeführt. An der Umfrage haben 21 von 26 Teilnehmenden teilgenommen. Zu der abgebildeten Frage konnte nur eine Antwort ausgewählt werden. Die Skala gibt also die Anzahl an Teilnehmenden an, welche die jeweilige Präsentationsart angegeben haben.

Es hat sich gezeigt, dass die Teilnehmenden sich ohne eine Präsentation weniger mit den Analyseergebnissen auseinandergesetzt haben. Ob die Anpassungsvorschläge ohne eine Präsentation auch vermindert umgesetzt werden, wurde bisher jedoch nicht quantitativ untersucht.

Wie detailliert die schriftlichen und sprachlichen Teile die Analyseergebnisse erläutern, sollte von den Zielen der Lehrveranstaltung bzw. den Absichten der Veranstaltenden abhängen. Soll z. B. das Bewusstsein für Daten und welche Informationen durch Analysen gewonnen werden können geschärft werden, so kann eine detaillierte Erläuterung sinnvoll sein. Auch kann diese dazu dienen, das Vertrauen in die Anpassungsvorschläge zu stärken, da die Herleitung dieser nachvollziehbar gestaltet ist.

In Abbildung 10.9 ist bereits dargestellt, welche Komponenten in der konzeptionellen LLUA zur Unterstützung im Bereich der Reflexion vorgesehen sind. Die Abbildung wird an dieser Stelle nicht wiederholt.

Besprechen Es ist wichtig die Besprechung der Analyseergebnisse und abgeleiteten Anpassungsvorschläge zu ermöglichen. Wie bereits oben erwähnt, sollte der Zeitpunkt der Veröffentlichung so gewählt sein, dass Personen verfügbar sind, welche die Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge erläutern können.

Die Besprechung kann z. B. während oder im Anschluss an die Präsentation erfolgen oder auf Rückfrage einzelner Veranstaltenden oder Teilnehmenden initiiert werden.

Bei der Besprechung sollten die Bedürfnisse der analysierten Personen im Mittelpunkt stehen. Sie sollten sich frei äußern dürfen. So können z. B. Personen zu Wort kommen, die sich von den Analyseergebnissen ungerecht behandelt fühlen oder diese anzweifeln. Ein solches Feedback sollte wahrgenommen und darauf feinfühlig eingegangen werden (möglicherweise in einem vertraulichen Gespräch). Auch kann ein solches Feedback dazu führen, dass bestimmte Analysen in Zukunft unterlassen werden sollten. Aus diesem Grund sollte das Feedback schriftlich (und ggf. anonymisiert) festgehalten werden.

Die Besprechung dient also nicht nur dazu, dass die analysierten Personen Fragen stellen können, um Unklarheiten zu beseitigen. Sie dient auch dazu, dass sie Feedback äußern können. Um dieses sollten die AnalyseanwenderInnen außerdem explizit bitten. Dazu können die folgenden und ähnliche Fragen gestellt werden:

- Wenn auch die Analyseergebnisse veröffentlicht werden (s. o.):
 - Sind die Analyseergebnisse verständlich dargestellt und aufbereitet?
 - Sind die Anpassungsvorschläge nachvollziehbar, ausgehend von den Analyseergebnissen, hergeleitet?
- Verstehen Sie die Anpassungsvorschläge?
- Wissen Sie prinzipiell, was Sie tun müssen, um die Anpassungsvorschläge umzusetzen?
- Fehlt Ihnen etwas, um die Anpassungsvorschläge umzusetzen?
- Erkennen Sie den Sinn in dem Verhalten, das vorgeschlagen wird? Widerstrebt Ihnen vorgeschlagenes Verhalten?
- Fühlen Sie sich von den Analyseergebnissen und Anpassungsvorschlägen ungerecht behandelt?
- Hat jemand von Ihnen Bedarf an einem persönlichen Gespräch? (Kann auch als Angebot formuliert werden, sich nach der Lehrveranstaltung zu melden.)

Bei der Befragung muss vorsichtig vorgegangen werden, denn die Wortmeldungen einzelner Personen könnten ihr Pseudonym offenbaren oder stark eingrenzen.

Wenn z. B. zu dem Anpassungsvorschlag „Alle Teilnehmenden sollten Tickets erstellen.“ die Frage „Wissen Sie prinzipiell, was Sie tun müssen, um die Anpassungsvorschläge umzusetzen?“ gestellt wird, so birgt diese eine Gefahr.

Wenn die Analyse offenbart, dass z. B. nur zwei Personen noch kein Ticket erstellt haben, wäre ihre hypothetische Wortmeldung „Ich weiß nicht, wie man ein Ticket erstellt.“ gefährlich. Selbst wenn in den veröffentlichten Analyseergebnissen keine Pseudonyme eingeblendet sind, wäre es mindestens für die DatenvisualisiererIn leicht, die Verbindung zwischen Realnamen und Pseudonym (aus Versehen) herzustellen. Da die Rollen AnalyseanwenderIn und DatenvisualisiererIn von ein und derselben Person eingenommen werden können, muss in solchen Fällen genauestens geprüft werden, wem welche Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Wird der DatenvisualisiererIn nicht mitgeteilt, wer sich zu Wort gemeldet hat, ließe sich das Risiko einer Identifikation verringern.

Hypothesen untersuchen Für eine erste Untersuchung von Hypothesen (die z. B. während der Interpretation aufgestellt wurden), kann es hilfreich sein, mit den analysierten Personen zu sprechen, anstatt sofort weitere Datenanalysen zu initiieren. In einigen Fällen lassen sich Hypothesen nicht durch Datenanalysen belegen/widerlegen (s. u.), in anderen Fällen können die Aussagen im Nachhinein mit Datenanalysen untersucht werden.

Dafür bietet sich die oben genannte Besprechung an. Hier können die AnalyseanwenderInnen die aufgestellten Hypothesen vortragen und die analysierten Personen darum bitten, ihr Verhalten zu schildern. Gemeinsam können so zeitnah Lösungen gefunden und Missverständnisse beseitigt werden.

Angenommen, es gilt, die folgende Hypothese zu untersuchen. Da diese u. a. danach fragt, ob die Teilnehmenden etwas verstanden haben, ist sie nicht nur mit einer Datenanalyse zu untersuchen.

- Der Status „Waiting“ wird nur wenig und zudem (vermutlich) in einigen Fällen fehlerhaft benutzt. Entweder ist den Teilnehmenden die Verwendung dieses Status nicht klar oder sie haben keine Verwendung für ihn, weil sie z. B. nur wenige Abhängigkeiten untereinander haben, durch die sie aufeinander warten müssen.

Eine solche Hypothese durch Befragung zu untersuchen ist meistens auch in einem pseudonymisierten Kontext möglich. Dies gilt jedoch nicht für alle Hypothesen. Dies ist z. B. bei der folgenden Hypothese der Fall:

- In einigen Fällen scheinen die Status „Waiting“ und „Aborted“ nur versehentlich gesetzt worden zu sein. Dies ist aus der kurzen Verweildauer zu schließen.

Angenommen, die Analyse zeigt, dass es nur wenige dieser Fälle gibt. Würde diese Hypothese durch eine direkte Befragung untersucht werden, so würden sich wahrscheinlich die Personen zu Wort melden, denen das Versehen unterlaufen ist.

Selbstreflexion

Die aktive und bewusste Selbstreflexion soll dazu beitragen, dass sich die Personen, deren Daten analysiert werden, mit den Analyseergebnissen und den Anpassungsvorschlägen auseinandersetzen, um ihr eigenes Verhalten zu hinterfragen, bestätigt zu sehen oder anzupassen. Hier wird ebenfalls von einer pseudonymisierten Analyse ausgegangen.

Auch wenn viele Personen bereits beim Betrachten der Analyseergebnisse sich selbst in diese einordnen und ihre Schlüsse ziehen, sollten die analysierten Personen aktiv dazu aufgefordert werden, eine solche Selbstreflexion durchzuführen. Hilfreich können dabei Fragen (wie sie im Folgenden präsentiert werden) und die Aufforderung sein, die Antworten schriftlich (für sich selbst/vertraulich) festzuhalten.

- Können Sie sich selbst in die einzelnen Analyseergebnisse einordnen?
 - Wenn ja
 - Wo ordnen Sie sich ein?
- Trägt Ihr aktuelles Verhalten zu der Datenlage bei?
 - Wenn ja
 - Inwiefern trägt Ihr Verhalten bei?
- Können Sie für sich einen Sinn in den Anpassungsvorschlägen erkennen?
 - Wenn nein
 - Was zweifeln Sie an? Fragen Sie nach.
- Berücksichtigen Sie die Anpassungsvorschläge bereits?

- Wenn ja
 - Zu welchem Prozentsatz/In wie vielen Fällen (ungefähr) berücksichtigen Sie die Anpassungsvorschläge?
- Wenn nein
 - Wissen Sie, wie Sie die Anpassungsvorschläge umsetzen können?
 - Wenn nein, fragen Sie nach.
 - Was können Sie tun, um die Anpassungsvorschläge umzusetzen?
 - Was würde Ihnen dabei helfen, die Anpassungsvorschläge umzusetzen?
 - machen Sie Vorschläge
- Machen Sie beim Umsetzen der Anpassungsvorschläge positive oder negative Erfahrungen?
 - Wenn ja
 - Welche Sind das?

12.4 Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA

Mit Hilfe dieses Clusters können Veranstaltende eine LLUA technisch entwickeln und betreiben. Dazu beschreibt er, was zur Umsetzung prinzipiell benötigt wird. Dabei greift er auf die vorangegangenen Cluster zurück und integriert technisch sowohl die dort ausgewählten Komponenten zur Unterstützung der Organisation und Kollaboration sowie der Datenanalyse.

Außerdem beschreibt dieser Cluster die hier entwickelte exemplarische LLUA, deren Installation, Konfiguration und Wartung. Hinzu kommen technische Instruktionen und Artefakte (wie z. B. Konfigurationsdateien), um die exemplarische LLUA selbst (schneller) realisieren zu können.

Die Inhalte und Absichten dieses Clusters werden von „Hypothese H01“ (S. 92)³³, „Hypothese H02“ (S. 93)³⁴ und „Hypothese H03“ (S. 94)³⁵ geprägt und widmen sich somit ihrer Verifikation bzw. Falsifikation und der ihrer Subhypothesen (s. Abschnitt 4.2).

Um die stark praktisch orientierten Inhalte nicht unnötig zu wiederholen, wird in den Modulen an gegebener Stelle lediglich auf das Handbuch verwiesen. Dieses stellt die Inhalte bereits anschaulich mit der Unterstützung konkreter Beispiele und Lösungen dar.

³³Wenn die agierenden Personen in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung gängigen Projektmanagementumgebung unterstützt werden können, dann können damit auch die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterstützt werden.

³⁴Wenn sich Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik einsetzen lassen, dann können diese auch zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten praktischer, kooperativer, kollaborativer und verteilter Lehrveranstaltungen eingesetzt werden.

³⁵Wenn die Analyse von Projekten in der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik die beteiligten Personen dabei unterstützt, ihr eigenes Handeln und das der anderen zu reflektieren, dann unterstützt sie auch die beteiligten Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen. Diese Reflexion unterstützt sie darin, ihr eigenes Handeln anzupassen sowie die Lehrveranstaltung und die technische Lehr- und Lernumgebung gewinnbringend umzugestalten.

12.4.1 Modul: Entwicklung einer LLUA

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 118) und „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze der Rollen beim Ausgestalten und Betreiben einer LLUA mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA“ (S. 207)
 - Anforderungen an die Installation und Benutzung einer LLUA definiert
 - „Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“ (S. 157)
 - Bereitstellung einer Skizze einer LLUA
 - „Definition der Anforderungen an eine Lehr-, Lern- und Analyseumgebung“ (S. 172)
 - Anforderungen an eine LLUA definiert
 - Abschnitt 12.2.1, Abschnitt 12.2.2, Abschnitt 12.3.3, Abschnitt 12.3.6, Abschnitt 12.3.7
 - Delegation der Entwicklung des groben und feinen Entwurfs einer LLUA bzw. Entwicklung der konzeptionellen LLUA und einer konkreten (exemplarischen) LLUA
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/eine_llua/ (besucht am 31.01.2024)

Im Handbuch werden von diesem Modul der grobe Entwurf der konzeptionellen LLUA und der feine Entwurf der exemplarischen LLUA präsentiert und erläutert. Beide basieren auf den Ausführungen der vorangegangenen Cluster. Es wird beschrieben wie die einzelnen konzeptionellen Komponenten bzw. konkreten Werkzeuge bzw. Softwareanwendungen eingesetzt und wie diese miteinander kombiniert werden.

12.4.2 Modul: Setup der Komponenten einer LLUA

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 118) und „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze der Rollen beim Setup einer LLUA mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA“ (S. 207)
 - Anforderungen an die Installation sowie die technische Kopplung und Integration der Komponenten einer LLUA definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/installation/ (besucht am 31.01.2024)

In der Konzeption dieses Moduls wurden bereits die Fragen aufgeführt, welche es beim Setup einer LLUA u. a. zu beantworten gilt. Hier wird das Vorgehen beschrieben, welches sich beim Setup der exemplarischen LLUA bewährt hat. Außerdem werden entsprechende Entscheidungen erläutert und begründet.

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich anhand der für die LLUA konkret gewählten Softwareanwendungen, Werkzeuge sowie Dienste detailliert erläutert und hier somit nicht wiederholt.

Prinzipielles Setup

Zunächst gilt es die technischen Ressourcen der angestrebten LLUA (grob) einzuschätzen, um sich anschließend an das für den jeweiligen Fachbereich zuständige Rechenzentrum bzw. technische Personal zu wenden, um mit ihnen die Möglichkeiten zu eruieren. Es ist ratsam, zunächst mit nur einer virtuellen Maschine/einem Host zu beginnen, um den Konfigurations- und Wartungsaufwand für das Rechenzentrum möglichst gering zu halten. Zum Beispiel die Domain-, Rechte- und Zertifikatsverwaltung bleiben so zunächst überschaubar.

Konkretes Setup

Die für die exemplarische LLUA gewählte technische Infrastruktur besteht grundlegend aus einer virtuellen Maschine (VM) und den Endgeräten der Benutzenden. Alle zu hostenden Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste wurden auf der VM aufgesetzt. Die Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste, die vom Rechenzentrum der Universität Hamburg betrieben und in die LLUA integriert wurden, werden hier nicht weiter betrachtet. Die Clients wurden auf den privaten oder ausgeliehenen Endgeräten der BenutzerInnen bzw. auf den zur Verfügung gestellten Workstations des Fachbereichs installiert. Dies ist in der Abbildung 12.14 durch die geschwungenen Klammern dargestellt.

Virtuelle Maschine Für die exemplarische LLUA wird, wie oben für den Start angeraten, nur eine VM benötigt. Zwar könnten die einzelnen Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste über mehrere VMs verteilt werden, dies ist jedoch nicht Teil des hier vorgestellten Setups.

Die Ports für HTTP (80) und HTTPS (443) der VM sind öffentlich erreichbar, um mindestens die Weboberflächen für die Bereiche *Planung & Durchführung* sowie *Organisation & Kollaboration* einer LLUA auch außerhalb des universitären Netzwerks erreichbar zu machen, damit die Veranstaltenden und Teilnehmenden einfach darauf zugreifen können. Alle anderen benötigten Ports (s. u.) sind nur innerhalb des VPNs des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg erreichbar und einige davon nur zu Wartungszwecken für bestimmte BenutzerInnen, wie z. B. der Port, auf dem SSH läuft (die BenutzerInnen werden vom AD verwaltet). Außerdem hat das Rechenzentrum eine Subdomain und ein offiziell signiertes SSL-Zertifikat bereitgestellt.

Als Betriebssystem wird auf der VM die Linux Distribution *Debian*³⁶ eingesetzt. Diese Wahl ist darin begründet, dass die Personen, insbesondere der Autor dieser Arbeit, welche die Rolle AdministratorIn ausleben, ausreichend Erfahrung mit dieser Distribution zum

³⁶<https://www.debian.org/>, besucht am 31.01.2024

Hosten von Webanwendungen haben. Alternativ kann auch eine andere Linux Distribution oder gar ein anderes Betriebssystem gewählt werden.

Außerdem wurde die Entscheidung getroffen, dass alle Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste für die LLUA auf der VM in Docker-Containern³⁷ betrieben werden sollen. Dies hat u. a. die folgenden Gründe:

- Auf dem Host werden möglichst wenig Softwarepakete installiert.
- Es treten keine Konflikte bei Abhängigkeiten zu bestimmten Paket- oder Softwareversionen einzelner Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste auf.
- Die Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste können mit wenig Aufwand auf einen anderen Host portiert werden.
- Wartungs- und Sicherheitsgründe, wie z. B. Isolierung oder einfache Limitierung der Ressourcennutzung
- Für die meisten gewählten Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste existieren offizielle und vertrauenswürdige Docker-Images, wodurch das Setup dieser vereinfacht wird.
- Der Updateprozess der Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste wird vereinfacht, weil dieser durch das Updaten der Docker-Images ersetzt wird.

Die Ressourcen der VM wurden mit dem Wachstum und der vermehrten Verwendung an die veränderten Bedürfnisse der LLUA angepasst. Diese Anfragen wurden vom Rechenzentrum unkompliziert und zeitnah bearbeitet. Zu Beginn wurde die VM wie folgt beantragt:

- 2 CPU-Kerne
- 4 GB Arbeitsspeicher
- 200 GB Speicherplatz

Für die hier vorgestellte Ausprägung der exemplarischen LLUA verfügt die VM über die folgenden Ressourcen:

- 8 CPU-Kerne
- 24 GB Arbeitsspeicher
- 400 GB Speicherplatz

Natürlich sind die Anforderungen an die Ressourcen abhängig von der individuellen Nutzung. Die Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste der LLUA die auf der VM laufen, werden in der Regel nicht von mehr als 35 Personen gleichzeitig genutzt. Ressourcenintensive Jobs werden nachts automatisiert bzw. manuell zu nutzungsarmen Zeiten durchgeführt, wie z. B. die Durchführung der Backups und der Updates. Der Großteil des Speicherplatzes wird von Videos und anderen Dateien eingenommen, die für oder im Zuge von Lehrveranstaltungen erstellt wurden.

Wie das konkrete Setup der exemplarischen LLUA organisiert, durchgeführt und ein dazu passendes Backup eingerichtet werden kann, ist im Handbuch zu finden und wird hier nicht weiter erläutert.

Als Backupstrategie wird eine Kombination aus inkrementellen und vollständigen Backups eingesetzt, welche mit *Restic*³⁸ umgesetzt wird. Zusätzlich können automatisiert oder

³⁷<https://www.docker.com/resources/what-container/>, besucht am 31.01.2024

³⁸<https://restic.net/>, besucht am 31.01.2024

bei Bedarf *Snapshots* der VM erstellt werden. Wieso in der exemplarischen LLUA Restic gewählt wurde, hat u. a. die folgenden Gründe:

- Restic benötigt keinen aufwendigen Setupprozess, sondern kann unter Debian einfach als Paket installiert und anschließend von der Kommandozeile aus benutzt werden [Restic Authors 2024b].
- Restic verfügt über eine umfangreiche Dokumentation³⁹.
- Die Benutzung von Restic ist einfach und es bedarf nur weniger Kommandos, um ein erstes Backup zu erzeugen.
- Mit Restic durchgeführte Backups sind automatisch verschlüsselt [Restic Authors 2024a]. Das ist hier besonders wichtig, da die Backups außerhalb der VM gelagert werden sollen. So erhalten dritte keinen Zugriff auf die von der LLUA aufgezeichneten Daten, selbst wenn sie Zugriff auf das Backup haben.
- Zudem lassen sich diese verschlüsselten Backups vollständig inspizieren, ohne weiteren Speicherplatz zu belegen [Restic Authors 2024b].
- Es lassen sich einzelne Ordner oder Dateien wiederherstellen, ohne das gesamte Backup wiederherstellen zu müssen [Restic Authors 2024b].
- Mit Restic ist es möglich, das Backup sofort auf einem anderen Host abzulegen, ohne es lokal zwischenspeichern zu müssen [Restic Authors 2024b]. Dabei arbeitet Restic effizient und überträgt nur jene Daten, die geändert wurden [Restic Authors 2024a].
- Zusätzlich ist Restic *Open Source*, wird aktiv in einem GitHub Projekt⁴⁰ gepflegt und kann kostenlos genutzt werden [Restic Authors 2024a].

Clients Für das Setup der Softwareanwendungen bzw. Werkzeuge, welche auf den Endgeräten der BenutzerInnen installiert werden müssen, sind im Handbuch entsprechende technische Instruktionen beschrieben.

12.4.3 Modul: Konfiguration der Komponenten einer LLUA

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 118) und „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze der Rollen beim Konfigurieren einer LLUA mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA“ (S. 207)
 - Anforderungen an die Konfiguration sowie die technische Kopplung und Integration der Komponenten einer LLUA definiert

³⁹<https://restic.readthedocs.io/en/stable/>, besucht am 31.01.2024

⁴⁰<https://github.com/restic/restic>, besucht am 31.01.2024

- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_and_wartung/konfiguration/ (besucht am 31.01.2024)

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich anhand der für die LLUA konkret gewählten Softwareanwendungen, Werkzeuge sowie Dienste erläutert und hier somit nicht wiederholt.

Prinzipielle Konfiguration

Konfiguration der Erreichbarkeit einer Komponente Dieser Aspekt wurde bereits bei dem Setup der LLUA in dem vorherigen Modul erwähnt. Die Anforderungen können sich über die Zeit jedoch verändern und darauf sollte reagiert werden. Wenn sich z. B. herausgestellt hat, dass ein Dienst gar nicht aus dem Internet heraus erreichbar sein muss, sondern lediglich eine Erreichbarkeit im internen Netzwerk (oder z. B. über VPN) ausreicht, so sollte dies angepasst werden. Ebenso, wenn spezielle Portfreigaben nicht weiter benötigt werden.

Zu den Komponenten einer LLUA die voraussichtlich immer über das Internet erreichbar sein sollten zählen *Projektmanagement*, *Informations-/Materialienaustausch*, *Dokumentation* sowie *Text-/Sprach-/Video-Chat*, *Bildschirmübertragung*. Mindestens die Komponenten, die über das Internet erreichbar sind, sollten mittels eines offiziell signierten SSL-Zertifikats abgesichert sein.

In den Tätigkeitsfeldern Datenbankmanagement und Datenanalyse ist ein Zugriff auf einzelne Datenbanken notwendig. Diese Zugänge sollten möglichst nicht aus dem Internet heraus erreichbar sein.

Konfiguration der Komponenten Bei der Konfiguration der oben genannten Komponenten sind besonders die folgenden Tätigkeiten zu nennen:

- Rechteverwaltung
- Individuelle Anpassung von Managementbereichen (Projekten)
- Kopplung oder Integration mit anderen Komponenten
- Erweiterung der Standardfähigkeiten (z. B. über einen integrierten *Market Place*).
- ggf. Anpassung für die Datenaufzeichnung

Für die Rechteverwaltung ist es hilfreich, wenn die Komponenten sich mit dem zentralen Authentifizierungsdienst koppeln lassen.

Das Anlegen von gesonderten Managementbereichen ist für eine Trennung der einzelnen Lehrveranstaltungen bzw. Teams unabdingbar.

Die Kopplung oder Integration mit anderen Komponenten hat auf der einen Seite das Potenzial, Informationen automatisch miteinander zu verknüpfen bzw. diese zu bündeln. Auf der anderen Seite ist die Kopplung für einige Komponenten essenziell, so muss z. B. die *Datenverarbeitung* auf die Daten(banken) der Komponenten zugreifen können, welche die Daten aufzeichnen.

Um eine Komponente über ihre Standardfähigkeiten hinweg individuell anzupassen, existieren für einige Softwarelösungen sogenannte *Market Places*, über die z. B. Plugins/Add-ons installiert werden können.

Die ausgewählten Werkzeuge, welche das Projektmanagement, die Dokumentation, Kommunikation sowie Kollaboration unterstützen, übernehmen in einer LLUA Tätigkeiten der Datenaufzeichnung. Somit sollten deren vorhandenen Datenaufzeichnungsfähigkeiten untersucht und ggf. entsprechend den individuellen Bedürfnissen angepasst werden.

Konkrete Konfiguration

Im Handbuch werden für die auf der VM gehosteten Dienste Instruktionen für konkrete Konfigurationsmöglichkeiten gegeben⁴¹. Diese wurden von Gian-Luca Gücük im Rahmen seiner Bachelorarbeit [Gücük 2023] angefertigt. Der Autor dieser Arbeit hat diesen Prozess anleitend und editorisch begleitet. Die Inhalte werden an dieser Stelle nicht angeführt, da es sich um konkrete technische Instruktionen handelt. Für die Client Softwareanwendungen und Werkzeuge werden die offiziellen Anleitungen und weiterführende Ressourcen verlinkt.

12.4.4 Modul: Wartung der Komponenten einer LLUA

- Verortung in dieser Dissertationsschrift
 - „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 118) und „Präsentation und Einordnung der Ziele und Herausforderungen“ (S. 144)
 - Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze der Rollen beim Warten einer LLUA mittels der Beziehungen zu angebotenen und benutzten Diensten modelliert
 - „Cluster: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA“ (S. 207)
 - Anforderungen an die Wartung der Komponenten einer LLUA definiert
- Verortung im Handbuch
 - https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/wartung/ (besucht am 31.01.2024)

Im Handbuch werden die praktisch orientierten Inhalte dieses Moduls bereits umfänglich anhand der für die LLUA konkret gewählten Softwareanwendungen, Werkzeuge sowie Dienste erläutert und hier somit nicht wiederholt.

Prinzipielle Wartung

Auf der Ebene der Ressourcen gilt es sicherzustellen, dass die verfügbaren und benötigten Ressourcen zueinander in einem guten Verhältnis stehen (im Sinne der Nachhaltigkeit). Es sollten weder zu viele noch zu wenig Ressourcen zur Verfügung gestellt bzw. alloziert werden. In diesem Zuge kann außerdem ein automatisierter Prozess eingerichtet werden, welcher alte/überschüssige Daten entfernt, um so den Speicherbedarf zu verringern.

Die Betriebssysteme sowie die genutzten Packages, Libraries etc. sollten möglichst aktuell gehalten werden. Die eingesetzten Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste sollten ebenfalls zeitnah aktualisiert werden, wobei hier bei besonders kritischer Infrastruktur auch eine individuelle Abwägung vollzogen werden kann. Dies gilt nicht für sicherheitsrelevante Updates.

⁴¹https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/konfiguration/, besucht am 31.01.2024

Konkrete Wartung

Das Handbuch enthält konkrete Instruktionen, wie die in der exemplarischen LLUA eingesetzten Softwareanwendungen, Werkzeuge und Dienste gewartet werden können⁴². In diesem Zuge wird z. B. ein Vorgehen für deren Aktualisierung und vorherige Backups vorgeschlagen. Diese Inhalte wurden von Gian-Luca Gücük im Rahmen seiner Bachelorarbeit [Gücük 2023] angefertigt. Der Autor dieser Arbeit hat diesen Prozess anleitend und editorisch begleitet.

12.5 Zusammenfassung

Als Ergebnisse dieses Kapitels sind die konkreten Inhalte der Module zu werten. Einige dieser Inhalte verbleiben in der vorliegenden Arbeit, während die stark praxisorientierten Inhalte vorrangig im digitalen Handbuch⁴³ zu finden sind.

In diesem Zuge wurden sukzessiv der grobe Entwurf einer LLUA sowie der feine Entwurf der exemplarischen LLUA entwickelt und schrittweise vorgestellt. In den Bereichen einer LLUA „Planung & Durchführung“ und „Kommunikation & Kollaboration“ werden Komponenten für das Projektmanagement, den Informations-/Materialaustausch und der Dokumentation sowie zur Text-/Sprach-Chat und Bildschirmübertragungen von einem Webserver vorgeschlagen. Der Bereich „Analyse“ nutzt diese Komponenten zur Datenaufzeichnung und erweitert den Entwurf um Komponenten für die Datenverarbeitung, die Datensammlung, das Datenmanagement und die Analyse der Daten. Die oben genannten Komponenten für die beiden Bereiche „Planung & Durchführung“ und „Kommunikation & Kollaboration“ werden zusammen mit den Komponenten für das Datenmanagement und die Analyse der Daten außerdem im Bereich „Reflexion“ eingesetzt.

Im feinen Entwurf der exemplarischen LLUA werden diese Komponenten durch konkrete Softwareanwendungen realisiert, welche die zuvor definierten Anforderungen durch entsprechende Dienste erfüllen. Diese sowie ihre Nutzungsbeziehungen sind in Abbildung 12.14 dargestellt. In diesem Zuge wurde erörtert und begründet, wieso jene Softwareanwendungen zur Erprobung und Entwicklung der exemplarischen LLUA eingesetzt werden.

⁴²https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/wartung/, besucht am 31.01.2024

⁴³<https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/>, besucht am 31.01.2024

13 Zusammenfassung Teil II

Die Entwicklung des Rahmenwerks wurde in einem iterativen Prozess durchgeführt, der sich an der *Design Science Research Methodology* für Informationssysteme und der Kultur des PAOSE-Ansatzes orientiert. Die Ergebnisse wurden nicht für jede Iteration beschrieben, sondern für jede Phase des Prozesses iterationsübergreifend dargestellt. Zwar sind auch der Einsatz und die Evaluation des LLUA-Rahmenwerks im Lehrbetrieb in den iterativen Prozess integriert, jedoch werden deren Ergebnisse erst in dem folgenden Teil III präsentiert.

Zur Präzisierung der wissenschaftlichen Untersuchung wurden Forschungsfragen und Hypothesen zu drei Untersuchungskomplexen aufgestellt: (1) Unterstützung des Planens und Koordinierens, (2) Unterstützung des Datenanalysierens und (3) Bewertung des Potenzials von Datenanalysen.

Um dieses Forschungsprojekt und die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere, als die hier betrachteten, projektbasierten Lehrveranstaltung zu fördern, wurde eine systematische Betrachtung derartiger Lehrveranstaltungen erarbeitet. Diese basiert auf der Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (MAS). Sie sieht elf zentrale Rollen¹ sowie zwei Agentenspezifikationen² vor. Die Rolle AnalytikerIn wurde daraufhin weiter verfeinert. Insbesondere ihrer Subrolle DatenanalytikerIn wird Aufmerksamkeit geschenkt und es wurden sechs weitere Rollen³ definiert, die in diesem Kontext sinnvolle fachliche Schnitte abbilden.

In Zusammenarbeit mit Veranstaltenden und Teilnehmenden projektbasierter Lehrveranstaltungen sowie aus der Literatur wurden konkrete Ziele, Herausforderungen und Lösungsansätze erhoben. Diesen wurden den zuvor definierten Rollen zugeordnet. Auf dieser Grundlage wurden zunächst Skizzen einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung (LLUA) sowie des Rahmenwerks angefertigt. Visuell wurden diese Skizzen in Form von Use Case Diagrammen (UCD) dargestellt. Eine LLUA wird demzufolge in die vier Bereiche *Planung & Durchführung*, *Kommunikation & Kollaboration*, *Analyse* sowie *Reflexion* eingeteilt. Das Rahmenwerk besteht auf oberster Ebene aus vier Clustern, welche die systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen (1), die Organisation und Kollaboration (2), die Datenanalyse (3) sowie die Entwicklung und den Betrieb einer LLUA (4) unterstützen.

Neben den Rahmenbedingungen, der dieses Forschungsprojekt unterliegt, wurden Anforderungen⁴ definiert, welche die Rollen an das Rahmenwerk und die exemplarische LLUA stellen. Die Anforderungen wurden zu fachlich thematischen Gruppen zusammengefasst

¹ *LehrerIn, LernerIn, ProjektmanagerIn, AdministratorIn, AnalytikerIn, KooperationsIn, AngestellteR, PrüferIn, Prüfling, VeranstaltungsentwicklerIn und BeteiligteR*

² *Veranstaltende und Teilnehmende*

³ *AnwendungsfallverstherIn, DatenverstherIn, DatenintegratorIn, DatenvisualisiererIn, AnalyseevaluatorIn und AnalyseanwenderIn*

⁴ *Übergreifende, konzeptionelle, technische und ethische Anforderungen, Benutzbarkeits-, Portierbarkeits- und Umsetzungsanforderungen, sowie funktionale und nicht-funktionale Anforderungen*

und diese jeweils grafisch in Form eines UCD dargestellt. Außerdem wurden in diesem Zuge die Module vorgestellt, aus welchen jeder Cluster des Rahmenwerks besteht. Die Gruppen an Anforderungen wurden direkt diesen Modulen zugeordnet.

Anschließend wurden die Inhalte des Rahmenwerks konzipiert. Es wurde u. a. beschrieben, inwiefern die systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen genutzt wurde, um die zuvor vorgestellten Anforderungen zu definieren. Das entwickelte *Konzept der Abbildung* beschreibt dafür, wie durch die Integration der beiden Modelle der menschlichen und der technischen Umgebung, die Weiterentwicklung der menschlichen und technischen Umgebungen vollzogen werden kann.

Das Vorgehensmodell für die Datenanalyse wurde zunächst in groben Zügen vorgestellt und später konkret ausgearbeitet. Es wurden Tätigkeitsblöcke definiert und ihre Abfolge in einem iterativen Prozess beschrieben. Dieser sieht zusätzlich iterationsinterne Schleifen zur Verbesserung von Teilergebnissen vor. Den einzelnen Blöcken werden sowohl die Subrollen der DatenanalytikerIn als auch die Module des Clusters „Unterstützung der Datenanalysen“ des Rahmenwerks zugeordnet. Dadurch wird den benutzenden Personen nicht nur ein Vorgehen vorgeschlagen, sondern ihnen auch eine personell strukturierte Orientierung und eine fachliche sowie technische inhaltliche Unterstützung geboten.

Das LLUA-Rahmenwerk wird in Form der vorliegenden Dissertationsschrift und einem digitalen Handbuch in Form einer Webseite bereitgestellt. Während diese Dissertationsschrift vermehrt wissenschaftliche und konzeptionelle Hintergründe beinhaltet, ist das digitale Handbuch auf die praxisorientierte Benutzung des Rahmenwerks ausgerichtet und beinhaltet dementsprechend fachliche sowie technische Inhalte. Die Ausarbeitung der Inhalte beider wurde ebenfalls in diesem Teil erläutert bzw. durchgeführt. Dazu wurde für jedes Modul des Rahmenwerks eine Verortung in dieser Dissertationsschrift und dem digitalen Handbuch angegeben.

Weitere zentrale Ergebnisse dieses Teils sind die sukzessive Entwicklung des konzeptionellen groben Entwurfs einer LLUA und der feine Entwurf der exemplarischen LLUA. Der grobe Entwurf beschreibt die konzeptionellen Komponenten, aus der eine LLUA besteht, und ihre Nutzungsbeziehungen untereinander. Im feinen Entwurf werden die konzeptionellen Komponenten durch konkrete Softwareanwendungen und Technologien ausgefüllt. Es wurde erläutert, wie sie in die exemplarische LLUA integriert und untereinander gekoppelt werden.

Im folgenden Teil dieser Arbeit wird der Einsatz des Rahmenwerks sowie der exemplarischen LLUA beschrieben, um beide in diesem Zuge zu evaluieren und die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts zu diskutieren.

Teil III

Einsatz, Evaluation und Diskussion des Rahmenwerks

Der Einsatz des Rahmenwerks umfasst die Entwicklung und den Betrieb sowie die gewinnbringende Nutzung einer LLUA. Somit sind seine Diskussion und Evaluation vielschichtig. Diese sind zwar Phasen des hier vollführten iterativen Prozesses zur Entwicklung des Rahmenwerks (s. Abbildung 4.1, S. 103), werden in diesem Teil jedoch zusammengefasst dargestellt – so wie auch in dem vorherigen Teil II mit den einzelnen Phasen verfahren wurde.

Für eine systematische Evaluation wird der Einsatz des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA vor dem Hintergrund der Untersuchungskomplexe (s. Abschnitt 1.4) der Forschungsfragen (s. Abschnitt 4.1) und Hypothesen (s. Abschnitt 4.2) an konkreten Fallstudien vorgestellt und diskutiert. Zu diesem Zweck wird jeweils (s. Kapitel 14, 15 und 16) aufgezeigt, inwiefern durch die Entwicklung und den Einsatz der exemplarischen LLUA die an eine LLUA definierten Anforderungen (s. Abschnitt 9.2) erfüllt wurden. Anschließend wird erörtert, wie das Rahmenwerk diese Entwicklung und diesen Einsatz unterstützt, indem diskutiert wird, inwiefern dessen Anforderungen (s. Abschnitt 9.3) erfüllt wurden. Abschließend werden die Beiträge zu dem jeweiligen Untersuchungskomplex der Forschungsfragen und Hypothesen aufgegriffen, um diese zu beantworten bzw. zu validieren oder zu falsifizieren.

In dem darauffolgenden Kapitel 17 werden die hier gewählten Ansätze, die entwickelten Konzepte und vorhandenen Einschränkungen über die Untersuchungskomplexe der Forschungsfragen und Hypothesen hinweg diskutiert und bewertet. Daraufhin werden die hier erlangten Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext eingeordnet, indem diese mit verwandten Arbeiten verglichen werden (s. Kapitel 18).

Abgeschlossen wird dieser Teil mit einer Zusammenfassung (s. Kapitel 19), in welcher wichtige Ergebnisse des Einsatzes, der Evaluation und der Diskussion des Rahmenwerks wiedergegeben werden.

Einige der, bereits in diesem Teil diskutierten und hervorgehobenen, zentralen Ergebnisse dieses Forschungsprojekts werden im darauffolgenden Teil IV zusammengefasst dargestellt (s. Kapitel 20).

14 Unterstützung des Planens und Koordinierens

Dieser Untersuchungskomplex wird von der Forschungsfrage 1 sowie ihren Subforschungsfragen (s. Abschnitt 4.1) aufgespannt und anhand der Hypothese 1 sowie ihren Subhypothesen (s. Abschnitt 4.2) ausgerichtet.

Zur Erforschung dieser Forschungsfragen, trägt eine LLUA mit ihren Bereichen *Planung & Durchführung* sowie *Kommunikation & Kollaboration* bei (s. Abschnitt 7.1). Das Rahmenwerk widmet diesem Untersuchungskomplex den gesamten Cluster *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* sowie Teile der zwei Cluster *Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen* und *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* (s. Abschnitt 7.2).

In diesem Kontext ist zu untersuchen, inwiefern die mit dem Rahmenwerk entwickelte, exemplarische LLUA die definierten Anforderungen erfüllt und ob sie einen positiven Nutzen für die Lehrveranstaltungen hatte, in denen sie eingesetzt wurde. Dazu wird beschrieben, wie die exemplarische LLUA konkret in ausgewählten projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt wurde, welche Auswirkungen die beiden oben genannten Bereiche der exemplarischen LLUA (im Rahmen dieses Forschungsprojekts) auf diese hatten und wie dies zu begründen ist. Anschließend wird beschrieben und diskutiert, inwiefern das Rahmenwerk die konkrete Entwicklung und den Einsatz der exemplarischen LLUA unterstützt hat. Um die Auswertung kompakt darzustellen, wird diese Untersuchung für die exemplarische LLUA und für das Rahmenwerk in Form von Tabellen präsentiert.

Am Ende dieses Kapitels werden die Beiträge vor dem Hintergrund der Forschungsfrage 1 sowie ihrer Subforschungsfragen und der Hypothese 1 sowie ihrer Subhypothesen diskutiert und ausgewertet.

14.1 Einsatz der exemplarischen LLUA und dessen Auswirkungen

Zuvor wurden in dieser Dissertationsschrift die Anforderungen an die Bereiche *Planung & Durchführung* sowie *Kommunikation & Kollaboration* einer LLUA definiert (s. Abschnitt 9.2.2 und Abschnitt 9.2.3) und eine konzeptionelle sowie exemplarische LLUA für diese Bereiche entworfen und entwickelt (s. Abschnitt 12.2). In diesem Abschnitt wird der Einsatz der exemplarischen LLUA und einige der Auswirkungen auf ausgewählte, projektbasierte Lehrveranstaltungen beschrieben und diskutiert. Zu diesem Zweck werden die beiden projektbasierten Lehrveranstaltungen DA22 (s. Abschnitt 2.6.3, S. 47) und AOSE22WS (s. Abschnitt 2.6.2, S. 47) als Fallstudien herangezogen. In beiden wurde mit kleinen Abweichungen die gleiche LLUA eingesetzt, jedoch auf teilweise unterschiedliche Art. Im Folgenden wird beschrieben, wie die LLUA in den beiden Lehrveranstaltungen eingesetzt wurde und welche Auswirkungen dieser Einsatz hatte.

In der Tabelle 14.1 ist zunächst dargestellt, wie die definierten Anforderungen an die beiden Bereiche einer LLUA von der exemplarischen LLUA konkret erfüllt werden.

Tabelle 14.1: Übersicht darüber, mit welcher konkreten Unterstützung die exemplarische LLUA auf die definierten Anforderungen an die Bereiche *Planung & Durchführung* und *Kommunikation & Kollaboration* reagiert.

P. & D.: Planung & Durchführung, K. & K.: Kommunikation & Kollaboration, Auth.: Authentifizierung Proj.m.: Projektmanagement, Inform.: Informations-/Materialienaustausch, Dokumentation, T.S.V.B.: Text-/Sprach-/Video-Chat, Bildschirmübertragung

Anforderungen	Bereiche	Komponenten	Ausprägungen	Angebote Unterstützung
Projekte planen und durchführen (S. 174)	P. & D., Inform., T.S.V.B.	Auth.	Active Directory	• Zentraler Authentifizierungsdienst und Benutzer-/Gruppenverwaltung des Informatik Rechenzentrums der Universität Hamburg
		Auth.	Crowd	• Zentraler Authentifizierungsdienst und Benutzer-/Gruppenverwaltung für Produkte von Atlassian
		Proj.m.	Jira	• Greift via LDAP auf die Informationen des AD zu • Projekte verwalten • Aufgabenexplikation • Abhängigkeiten von Aufgaben definieren • Aufgabenfortschritt • Aufgabenverteilung und -zuweisung • Zeiterfassung • Nutzbar via Browser und mobiler Apps • Nutzung des zentralen Authentifizierungsdienstes
		Inform.	Confluence	• Bereitstellung und Abrufen von Lernmaterialien • kollaborative Erstellung von Dokumentation und Lösungen • Veröffentlichung von Ergebnissen • Abstimmungen • Ankündigungen • Nutzbar via Browser und mobiler Apps • Nutzung des zentralen Authentifizierungsdienstes

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tabelle 14.1: Fortsetzung

Anforderungen	Bereiche	Komponenten	Ausprägungen	Angebote Unterstützung
			GitLab	• Zentrales VCS für Programmcode • Continuous Integration • Build • Package Registry • Container Registry • Nutzbar via Browser und Clients • Nutzung des zentralen Authentifizierungsdienstes
Verteilt kommunizieren und kollaborieren (S. 176)	K. & K.	T.S.V.B.	E-Mail	• Zum Versenden von z. B. Benachrichtigungs-E-Mails (genutzt von Softwareanwendungen) • Zur E-Mail-Kommunikation unter den Personen (selten)
			Mattermost	• Einzel- und Gruppen-Text-Chat • Für allgemeine Ankündigungen • Zum Durchsuchen der textbasierten Kommunikation • Mittels eines Plugins können Meetings in BBB gestartet werden • Nutzbar via Browser, Clients und mobiler Apps
			BigBlue-Button	• Einzel- und Gruppen-Voice-Chat • Live-Präsentationen • Bildschirmübertragung • Virtueller Raum für die Präsenzveranstaltungen • Kooperative Zusammenarbeit • Nutzbar via Browser • Nutzung des zentralen Authentifizierungsdienstes

14.1.1 Authentifizierung

Vor dem Semesterbeginn wurden die Teilnehmenden der betrachteten Lehrveranstaltungen vom technischen Verwaltungspersonal der Universität Hamburg einer allgemeinen BenutzerInnen-Gruppe für den Arbeitsbereich im Active Directory zugewiesen. Diese Gruppe wird nach einem konfigurierbaren Intervall in Crowd importiert. Anschließend wird in Crowd von den Veranstaltenden eine Gruppe für die Lehrveranstaltung angelegt, der alle Teilnehmenden hinzugefügt werden.¹ Diese Gruppen werden dann von den einzelnen Atlassian Produkten importiert.

14.1.2 Aufgabenmanagement

In den Phasen 1 und 3 von DA22 wurden die Teilnehmenden jeweils in unterschiedliche Teams eingeteilt und jedes Team hat sein eigenes Jira Projekt erstellt. Zur Erstellung mussten sie ein Template nutzen, welches mittels der Jira-App *Delegated Project Creator*² angelegt wurde.

Es hat sich gezeigt, dass die Vorteile die Nachteile überwiegen, wenn jedes Team ein eigenes Jira Projekt hat. Nachteilig ist, dass die Teilnehmenden eine eingeschränkte Sicht auf die Tätigkeiten der anderen Teilnehmenden erhalten und so nicht überblicken, welche Tätigkeiten insgesamt in der Lehrveranstaltung durchgeführt werden. Dies ist bei einer Anzahl von ca. 30 agierenden Personen jedoch auch vorteilhaft, da die Teilnehmenden zu Beginn einer Lehrveranstaltung ohnehin von der Komplexität der technischen Umgebung und des allgemeinen Projektmanagements herausgefordert werden. So wird ihnen der Einstieg erleichtert.

Dass die Teilnehmenden ihr Projekt selbst erstellen, kann den Effekt haben, dass sie sich bereits von Beginn an für dessen Administration interessieren und verantwortlich fühlen. Die Nutzung eines Templates zur Erstellung der Projekte wird in diesem Fall als notwendig deklariert. Das Template gibt z. B. die Sichtbarkeits- und Zugriffsrechte, den Projekttyp, seine Kategorie (erleichtert das Gruppieren von Projekten), die zu benutzenden Issue-Typen und den jeweiligen Workflow durch die möglichen Issue-Status vor.³ Ohne die Verwendung eines solchen Templates sind die Projekte zu unterschiedlich konfiguriert, was auf der einen Seite dazu führt, dass in den Teams unterschiedliche Vorgehensweisen eingeübt werden und auf der anderen Seite die spätere Datenanalyse erschwert.

In AOSE22WS wurde in Phase 1 darauf verzichtet, Jira einzusetzen. Dies hat den Hintergrund, dass in dieser Phase alle Teilnehmenden ähnliche vorgegebene Tätigkeiten vollziehen mussten. Das Kennenlernen und Einüben des Projektmanagements wurden hier hinten angestellt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass das ein ratsames Vorgehen ist. In zuvor untersuchten ähnlichen Lehrveranstaltungen wurde beobachtet, dass auch die Erstellung und das Management von Issues für einzelne Aufgaben von Aufgabenzetteln Vorteile bringt, obwohl von allen Teilnehmenden die gleichen Aufgabenzettel bearbeiten werden

¹Die konkrete Struktur der Gruppen in Crowd wird im Handbuch präsentiert: https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/konfiguration/#crowd, besucht am 31.01.2024

²<https://marketplace.atlassian.com/apps/1211157/delegated-project-creator-for-jira?tab=overview&hosting=cloud>, besucht am 31.01.2024

³Die Konfiguration eines Templates wird im Handbuch erläutert: https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/konfiguration/#jira, besucht am 31.01.2024

mussten und keine Koordination unter den Teilnehmenden notwendig war [Schmitz u. a. 2016].

In DA22 arbeiteten die Teams von Beginn an in zweiwöchigen Sprints, um fokussiert vorgegebene (Teil-)Ziele zu erreichen. Alle Tätigkeiten sollten dabei in Issues (Epic, Story, Task, Sub-Task, Bug, Group Activity, Plenum Task, Refactoring) festgehalten werden. Die Issues sollten den verantwortlichen Personen zugewiesen, entsprechend ihrem Status gepflegt und es sollte die geschätzte als auch die tatsächliche Arbeitszeit dokumentiert werden. Die Buchung der Arbeitszeit wurde durch die Jira-App *WorklogPRO*⁴ insofern ergänzt, dass die Teilnehmenden außerdem die Art ihrer vollzogenen Tätigkeiten festhalten mussten.⁵

Zwar sind sowohl das Vorgehen in Sprints als auch die Issue-Typen an Scrum angelehnt, jedoch wurde in DA22 kein explizites Scrum (mit z. B. täglichen Stand-Ups und den Scrum typischen Rollen) vollzogen. Anders war das in AOSE22WS, dort wurde ab der Phase 2 der Ansatz *Scrum at Scale*⁶ angewendet. Ab dieser Phase wurde dann auch Jira eingesetzt. Jedes Team hat sein eigenes Jira Projekt angelegt und zusätzlich wurden zahlreiche Jira Projekte genutzt, welche im Kontext der Entwicklung von Renew⁷ existieren. Außerdem wurden weitere Jira-Apps eingesetzt, wie z. B. *Easy Agile Roadmaps*⁸ und *Easy Agile Programs*⁹ und *Easy Agile TeamRhythm*¹⁰, um den gewählten Scrum-Ansatz optimal zu unterstützen.

Am Anfang einer Lehrveranstaltung empfinden viele Teilnehmenden das Anlegen, Zuweisen und Pflegen von Issues sowie das Schätzen und Buchen der Arbeitszeit als reinen *Overhead*. Erst im Verlauf der Lehrveranstaltung ändert sich diese Sicht bei den meisten Teilnehmenden. Um diese Situation zu entschärfen, könnten diese Verhaltenskonventionen z. B. wochenweise eingeführt werden – wenn dies die Datenanalyseabsichten zulassen. Allerdings sollte dies nicht zu lange hinausgezögert werden, wenn wie in den betrachteten Projekten das eigenständige Arbeiten der Teilnehmenden im Verlauf der Lehrveranstaltung schnell erhöht werden soll.

14.1.3 Informationen und Materialien austauschen sowie Dokumentation

Für beide Lehrveranstaltungen (DA22 und AOSE22WS) wurde in Confluence jeweils ein zentraler Space angelegt. Dieser wurde auf der einen Seite von den Veranstaltenden dazu genutzt, allgemeine Informationen (wie z. B. Termine oder Deadlines und Benotungskriterien), Lehr- und Lernmaterialien, zu bearbeitende Aufgaben und ggf. wählbare Themen zusammenzutragen und für die Teilnehmenden zugänglich zu machen. Auf der anderen

⁴<https://marketplace.atlassian.com/apps/1212626/worklogpro-timesheets-for-jira?tab=overview&hosting=datacenter>, besucht am 31.01.2024

⁵Die Konfiguration der WorklogPRO App sowie die Tätigkeitsarten sind hier im Handbuch zu finden: https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/konfiguration/#jira, besucht am 31.01.2024

⁶<https://www.scrumatscale.com/>, besucht am 31.01.2024

⁷<http://renew.de/>, besucht am 31.01.2024

⁸<https://marketplace.atlassian.com/apps/1215695?tab=overview&hosting=cloud>, besucht am 31.01.2024

⁹<https://marketplace.atlassian.com/apps/1219491?tab=overview&hosting=cloud>, besucht am 31.01.2024

¹⁰<https://marketplace.atlassian.com/apps/1212078?tab=overview&hosting=cloud>, besucht am 31.01.2024

Seite sollten die Teilnehmenden in diesen Spaces die jeweils in Phase 1 gewonnenen Erkenntnisse und erarbeiteten Aufgabenergebnisse sammeln und deren Erreichen dokumentieren. Dazu wurde von den Veranstaltenden eine entsprechende Struktur vorbereitet. Die Inhalte ließen sich ergänzend mit Jira Issues verknüpfen.

Außerdem sollten die Teilnehmenden hier ihre Abschlussberichte und die zugehörigen technischen Artefakte einreichen bzw. veröffentlichen. In DA22 sollten außerdem die Zwischenstände der Abschlussberichte hochgeladen werden. In AOSE22WS wurde für die versionierte Verwaltung der Zwischenstände Git und zur Verteilung bzw. Veröffentlichung GitLab eingesetzt.

Zusätzlich wurden den Teilnehmenden weitere Spaces bereitgestellt, z. B. die vergangener Lehrveranstaltungen oder solche die zur zentralisierten Informationssammlung dienen.

Der Vorteil eines zentralen Spaces in Phase 1 war, dass die Teilnehmenden so doch (auch wenn sie wie in DA22 getrennte Jira Projekte hatten) eigenständig sehen konnten, was die anderen Teilnehmenden erreicht haben. Dies gilt nur, wenn alle Bereiche für alle Teilnehmenden freigegeben sind. Außerdem konnte so der Umfang der bereits komplexen technischen Umgebung begrenzt werden. Als nachteilig ist zu nennen, dass die Teilnehmenden sich wenig für die Sauberkeit und Pflege des Spaces verantwortlich fühlten und sie keine eigene Rechteverwaltung vornehmen konnten, um z. B. vorläufige Informationen bzw. Ergebnisse nur mit ihrem Team zu teilen.

In DA22 wurden außerdem die *Polls*¹¹ App für Abstimmungen und die *Forms*¹² App für Umfragen eingesetzt. Der Blog des zentralen Spaces wurde dafür genutzt, die Datenanalysen, die parallel in allen Phasen durchgeführt wurden, zu veröffentlichen und detailliert zu beschreiben.

Das kollaborative Arbeiten an Pages und Blogbeiträgen wurde von den Veranstaltenden und Teilnehmenden schnell als eine essenzielle Funktionalität eingestuft, die besonders das verteilte Arbeiten stark unterstützt.

In späteren Phasen sollten sich die Teams eigene Spaces für ihr spezielles Thema anlegen und all ihre Informationen und Ergebnisse in diesen zusammentragen und dokumentieren. In DA22 wurden von einigen Teams Themen bearbeitet, die von anderen Teams in vorherigen Lehrveranstaltungen bereits bearbeitet wurden. Durch die Freigabe der jeweiligen Spaces konnten die Teilnehmenden von DA22 auf den zuvor erreichten Ergebnissen weiterarbeiten und diese so weiterentwickeln. In AOSE22WS haben die Teilnehmenden später außerdem auf weitere Renew spezifische Spaces Zugriff erhalten, die für ihr Thema wichtige Informationen enthielten. Die gesonderte Freigabe von vorhandenen Spaces für Teams hatte in beiden Lehrveranstaltungen unterstützende Effekte.

Zusätzlich haben die Teilnehmenden von AOSE22WS in späteren Phasen Zugriff auf eine Vielzahl von Renew Repositories in GitLab erhalten. Von diesem Zeitpunkt an, wurden diese Repositories als Teil der Lehrveranstaltung betrachtet und auf typische Weise für die Softwareentwicklung genutzt. Durch die Etablierung eines *Merge Request*- und *Review*prozesses konnte mit den originalen Repositories weitergearbeitet und eine kontinuierliche Integration vollzogen werden. Der Einsatz von Git für die Softwareentwicklung in einer projektbasierten Lehrveranstaltung ist jedoch nicht Thema der vorliegenden Arbeit und wird somit nicht weiter diskutiert.

¹¹<https://marketplace.atlassian.com/apps/1211126/polls-for-confluence?hosting=cloud&tab=overview>, besucht am 31.01.2024

¹²<https://marketplace.atlassian.com/apps/261/forms-for-confluence?tab=overview&hosting=cloud>, besucht am 31.01.2024

14.1.4 Kommunikation und virtuelle Räume

Als zentraler textbasierter direkter Kommunikationsdienst sollte von allen Personen in beiden Lehrveranstaltungen Mattermost genutzt werden. Dazu wurde für jede Lehrveranstaltung ein sogenanntes *Team* in Mattermost angelegt.

Die Veranstaltenden und Teilnehmenden wurden dazu angehalten, allgemeine Ankündigungen und Fragen, die an alle gestellt werden sollen, über den *Town Square* (Mattermosts zentraler *Channel*) zu tätigen. Zusätzlich sollte sich jedes Team einer Lehrveranstaltung in den einzelnen Phasen einen weiteren öffentlichen Channel einrichten. Die Veranstaltenden und Teilnehmenden sollten darauf achten, ihre Kommunikation möglichst effizient zu gestalten und versuchen, bereits zu Beginn einer Frage oder Diskussion alle Personen mit einzubeziehen. Dazu konnten entweder die genannten Channels oder spontan erzeugte Gruppen-Unterhaltungen (*Direct Messages*) genutzt werden.

Mattermost konnte entweder über einen Browser oder über eine auf dem Endgerät installierte App genutzt werden.

Des Weiteren wurde Mattermost um ein BBB Plugin¹³ erweitert, welches es ermöglicht, aus Mattermost heraus Sessions in BBB zu erzeugen, denen alle Empfangenden der Nachricht beitreten können.

BBB wurde in beiden Lehrveranstaltungen dazu genutzt, virtuelle Räume zu erzeugen, welche mit Text-, Sprach- und Videochatfunktionalitäten, einer Bildschirmübertragung sowie dem Hochladen und Vorstellen von Präsentationen ausgestattet waren. Durch die Schaffung dieser virtuellen Räume war es möglich, eine ähnliche Situation wie in der Präsenzlehre herzustellen. Zur Veranstaltungszeit mussten alle Beteiligten an diesen Sessions teilnehmen – wie bei einer Präsenzveranstaltung. BBB konnte von allen Beteiligten jedoch auch außerhalb der Veranstaltungszeit für die kooperative Arbeit genutzt werden. Alle Personen wurden darum gebeten, während der BBB-Sessions ihre Kamera zu aktivieren.

BBB bietet außerdem die Möglichkeit, sogenannte *Breakout Rooms* zu erzeugen, mit welchen nebenläufige Gruppenarbeiten ermöglicht wurden. Wenn die Teilnehmenden in einem Raum Unterstützung benötigten, so sollten sie diese über den zentralen Raum erfragen. Zusätzlich sind die Veranstaltenden durch die Räume „gegangen“, um sich ein Bild von dem aktuellen Fortschritt zu machen, zu beraten und Unterstützung anzubieten.

Die Kommunikation zwischen Personen über den klassischen E-Mail-Dienst sollte in beiden Veranstaltungen stark eingeschränkt werden. Während die Teilnehmenden möglichst keine E-Mails verschicken sollten, sollten die Veranstaltenden nur in Ausnahmefällen darauf zurückgreifen (wenn Teilnehmende z. B. nicht auf Anfragen in Mattermost reagieren oder Mitteilungen diesen formellen Rahmen erfordern). Der Datenaustausch via E-Mail sollte konsequent vermieden werden.

Somit verblieben als E-Mail-Nutzende vorrangig die Softwareanwendungen Jira, Confluence, Mattermost und in AOSE22WS zusätzlich GitLab. Diese verschickten Benachrichtigungen per E-Mail, wenn z. B. Personen betreffende Änderungen vorgenommen wurden (Jira und Confluence), Nachrichten eingegangen sind (Mattermost) oder z. B. ein Merge Request gestellt wurde (GitLab).

Die textbasierte Kommunikation über Mattermost zu bündeln hat in fast allen untersuchten Lehrveranstaltungen nur zu Teilen funktioniert (obwohl wöchentlich auf die Vorteile hingewiesen wurde). Grund dafür ist nicht, dass Mattermost ein schlechtes oder das

¹³<https://mattermost.com/marketplace/bigbluebutton-plugin/>, besucht am 31.01.2024

falsche Werkzeug ist, sondern, dass viele Teilnehmenden lieber eine Chat-App benutzen, die sie sowieso schon haben (wie z. B. *WhatsApp*¹⁴). Dies wurde von den Teilnehmenden häufig auf entsprechende Nachfragen seitens der Veranstaltenden angegeben. Natürlich lässt sich diese Nutzung nicht unterbinden und wenn die Teilnehmenden auf diese Weise effektiver kooperieren können, ist es gut, dass sie eine passende Lösung gefunden haben. Nachteilig ist jedoch, dass dadurch vorrangig im Team kommuniziert wird und nicht über dieses hinaus. Bei geringer Nutzung von Mattermost haben andere nicht die Möglichkeit, Lösungswege zu verfolgen oder konkrete Fragen an ein Team zu richten (da nicht immer alle Teilnehmenden einer Lehrveranstaltung die Mobilnummern miteinander austauschen). Auch die Veranstaltenden sind so in Gänze außen vor – was von den Teilnehmenden auch zu Teilen beabsichtigt sein könnte.

Durch die Nutzung virtueller Räume lässt sich zwar eine ähnliche Situation wie in Präsenz herstellen, jedoch fehlen einige Faktoren, die eine projektbasierte Lehrveranstaltung normalerweise mit sich bringt, wie z. B. spontane Gespräche, aufschnappen von Informationen anderer Teams, erkennen von thematischen Überschneidungen und sich gegenseitig kennenlernen. Da es nicht als sinnvoll erachtet wurde (und an der Universität Hamburg nicht gestattet war), wurden die Teilnehmenden nur freundlichst darum gebeten ihre Kamera einzuschalten und nicht dazu gedrängt oder dies verpflichtend eingefordert. Während in einigen Lehrveranstaltungen mehrere Teilnehmende ihre Kamera eingeschaltet haben (manchmal auch nur in den Breakout Rooms), so konnte in anderen Lehrveranstaltungen beobachtet werden, dass die Teilnehmenden ihre Kamera nie eingeschaltet haben. Letzteres trifft z. B. auf DA22 zu. Dies hat z. B. zu den folgenden Herausforderungen geführt: Das Merken der Namen war sowohl bei den Veranstaltenden als auch den Teilnehmenden erschwert. Anhand einer Stimme zuzuordnen, von wem welche Äußerung kommt, ist schwierig und somit ist z. B. auch die Einschätzung des Kenntnisstands oder die Bewertung von einzelnen Personen erschwert. Dies stört sowohl die Arbeit der KooperationspartnerIn als auch der PrüferIn.

Durch die Vermeidung von E-Mails zur Kommunikation (außer bei Sonderfällen wie Mitteilungen, die diesen formellen Rahmen erfordern) und zum Datenaustausch wurden keine negativen Auswirkungen beobachtet. In Zukunft könnte versucht werden, noch stärker auf E-Mails zu verzichten, indem z. B. Jira, Confluence und GitLab ebenfalls über Mattermost kommunizieren¹⁵. Auch wäre die Erprobung weiterer Integration interessant, indem diese Softwareanwendungen sich z. B. teilweise durch Mattermost steuern ließen und dadurch die Transparenz gefördert werden könnte, wer wann woran arbeitet bzw. gearbeitet hat (vgl. [Kim und Forsgren 2021, Kapitel 20]). Wenn die Teilnehmenden ihre E-Mails im alltäglichen Betrieb nicht mehr lesen müssen, so könnte dies jedoch dazu führen, dass sie auch offizielle, formelle Mitteilungen und die Benachrichtigungen von Mattermost verpassen. Möglicherweise kann sich dadurch ihre Reaktionszeit erhöhen oder sie könnten wichtige Informationen verpassen.

¹⁴<https://www.whatsapp.com/>, besucht am 31.01.2024

¹⁵vgl. <https://mattermost.com/atlassian/>, besucht am 31.01.2024, <https://mattermost.com/marketplace/gitlab-plugin/>, besucht am 31.01.2024

14.2 Unterstützungen des Rahmenwerks und dessen Auswirkungen

Bisher wurden in dieser Dissertationsschrift bereits die Anforderungen an die hier betrachteten drei Cluster des Rahmenwerks *Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen*, *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* und *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* definiert (s. Abschnitt 9.3). Außerdem wurden diese Cluster konzipiert (s. Kapitel 10) und ihre Inhalte ausgestaltet (s. Kapitel 12). Zusätzlich wurden diese Inhalte bereits im vorherigen Teil II umfangreich eingesetzt und deren Verwendung ist im Handbuch ausführlich beschrieben. Somit wurde bereits gezeigt, wie die Hilfsmittel des Rahmenwerks unterstützend zur Entwicklung einer LLUA eingesetzt werden können. Aus diesen Gründen wird an dieser Stelle darauf verzichtet, den Einsatz des Rahmenwerks für die Entwicklung und Umsetzung einer LLUA zu wiederholen. Die zugehörige Diskussion wird in Abschnitt 17.1 geführt. Im Folgenden werden ausgewählte Beispiele angeführt, inwiefern die Inhalte des Rahmenwerks das Planen und Koordinieren sowie den Betrieb und die Nutzung der zugehörigen Softwareanwendungen in den beiden projektbasierten Lehrveranstaltungen DA22 und AOSE22WS unterstützt haben.

In Tabelle 14.2 ist zunächst dargestellt, wie die definierten Anforderungen an die drei Cluster konkret erfüllt werden.

Tabelle 14.2: Übersicht darüber, mit welcher konkreten Unterstützung das LLUA-Rahmenwerk auf die definierten Anforderungen an die Cluster *Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen*, *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* und *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* reagiert.

C1: Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen, C2: Unterstützung der Organisation und Kollaboration, C4: Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA

Anforderungen	Cluster	Module	Angebotene Unterstützung
Systematische Betrachtungsweise bereitstellen (S. 195)	C1	Betrachtung einer Lehrveranstaltung als Projekt	• Aufzeigen der Ähnlichkeiten von Projekten und Lehrveranstaltungen
		Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme	• Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme • Modellierung und Beschreibung von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen • Bereitstellen des <i>Konzepts der Abbildung</i> • Präsentation des Vorgehens und der Benutzung dieser Abbildung

Definition der Ziele und Herausforderungen beim Lehren und Lernen (S. 197)	C2	• Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen • Verteilte Kollaboration	• Präsentation des Einsatzes des <i>Konzepts der Abbildung</i> • Präsentation der Ziele und Lösungsansätze • Modellierung mittels Rollen, Zielen, Lösungsansätzen und Diensten
Definition der Anforderungen an eine LLUA (Organisation und Kollaboration) (S. 197)	C2	• Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen • Verteilte Kollaboration	• Präsentation des Einsatzes des <i>Konzepts der Abbildung</i> • Präsentation der Anforderungen • Modellierung mittels Rollen und Use-Cases
Projektmanagement integrieren (S. 198)	C2	Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen	• Beschreibung der konzeptionellen LLUA Komponenten • Auswahl, Beschreibung und Integration konkreter Werkzeuge in eine exemplarische LLUA
Kommunikation und Kollaboration integrieren (S. 199)	C2	Verteilte Kollaboration	“– (Zeichenerläuterung ¹⁶)
Definition der Ziele und Herausforderungen beim Ausgestalten und Betreiben einer LLUA (S. 207)	C4	• Entwicklung einer LLUA • Setup der Komponenten einer LLUA • Konfiguration der Komponenten einer LLUA • Wartung der Komponenten einer LLUA	• Präsentation der Ziele und Lösungsansätze • Modellierung mittels Rollen, Zielen, Lösungsansätzen und Diensten

Definition der Anforderungen an eine LLUA (Betrieb) (S. 207)	C4	“–	• Präsentation der Anforderungen • Modellierung mittels Rollen und Use-Cases
Installation, Konfiguration und Wartung der technischen Umgebung unterstützen (S. 208)	C4	Setup der Komponenten einer LLUA Konfiguration der Komponenten einer LLUA Wartung der Komponenten einer LLUA	• Beschreibung des prinzipiellen Setups • Beschreibung des konkreten Setups (inkl. Anleitungen und technischer Artefakte) • Beschreibung der prinzipiellen Konfiguration • Beschreibung der konkreten Konfiguration (inkl. Vorschlägen und Anleitungen) • Beschreibung der prinzipiellen Wartung • Beschreibung der konkreten Wartung (inkl. Vorschlägen und Anleitungen)
Technische Kopplung und Integration der Dienste und Programme unterstützen (S. 208)	C4	Setup der Komponenten einer LLUA Konfiguration der Komponenten einer LLUA	• Beschreibung der konkreten Kopplung der konkreten Werkzeuge (inkl. Anleitungen und technischer Artefakte) • Beschreibung der konkreten Kopplung und Integration der konkreten Werkzeuge (inkl. Vorschlägen und Anleitungen)
Eine LLUA ausgestalten und einsetzen (S. 209)	C4	Entwicklung einer LLUA	• Präsentation einer Skizze einer LLUA • Präsentation der groben Anforderungen an eine LLUA • Präsentation und Beschreibung der konzeptionellen LLUA • Präsentation und Beschreibung einer konkreten LLUA

14.2.1 Systematische Betrachtung und Übersicht

Durch die Bereitstellung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen inklusive der identifizierten Rollen wird den Veranstaltenden ein Werkzeug an die Hand gegeben, mit welchem sie ihre eigene Lehrveranstaltung analytisch betrachten

¹⁶Diese Zeichenkombination zeigt an, dass der Inhalt der darüberliegenden Zelle auch für diese Zelle gilt.

können. So lässt sich z. B. mit Hilfe der Dienst-Angebots- und Dienst-Nutzungsbeziehungen systematisch untersuchen, welche Dienste bzw. Funktionalitäten die eigene LLUA für eine konkrete Lehrveranstaltung anbieten sollte und durch welche Komponenten bzw. Softwareanwendungen diese erfüllt werden könnten (vgl. Abschnitt 12.1.2). Auf dieser Grundlage wurde z. B. die Entscheidung getroffen, dass es für DA22 ausreichend ist, dass die Teilnehmenden ihre (Zwischen-)Ergebnisse in Confluence verwalten und veröffentlichen und das bereits in die LLUA integrierte GitLab für die Veranstaltung nicht benötigt wird. Auf der anderen Seite hat sich gezeigt, dass die Nutzung des GitLab in AOSE22WS unabdingbar ist. Zum einen war dies eine projektbasierte Lehrveranstaltung mit dem Fokus auf der kollaborativen Softwareentwicklung im Team und zum anderen sollte vorhandener Code genutzt werden, welcher bereits in GitLab verwaltet und automatisiert getestet wurde.

Die grafische Modellierung der konzeptionellen LLUA und der exemplarischen LLUA – ergänzt durch deren textuelle Beschreibungen – hat alle Veranstaltenden in den beiden ausgewählten Lehrveranstaltungen dabei unterstützt, die konkrete technische Landschaft zu überblicken und zu verstehen. In vorherigen Lehrveranstaltungen wurden diese Modelle zu wenig eingesetzt und somit war das Schließen von Wissenslücken bei Veranstaltenden erschwert, die nicht direkt bei der Entwicklung der LLUA mitgewirkt haben.

14.2.2 Unterstützung des Setups

Für DA22 und AOSE22WS mussten für diesen Untersuchungskomplex nur wenige Setup-Tätigkeiten durchgeführt werden. Diese beschränkten sich auf den Client bzw. die App für Mattermost, die auf den Endgeräten installiert und eingerichtet werden konnten.

Übergreifend wird die Unterstützung des Setups erst in Abschnitt 17.1, S. 411 evaluiert und diskutiert.

14.2.3 Unterstützung der Rechteverwaltung

Das Rahmenwerk hat den zentralen Authentifizierungsdienst des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg für die eingesetzten Atlassian Produkte mittels Crowd integriert.

Die Beschreibungen der Rechteverwaltung und Gruppenstrukturen in Crowd¹⁷ wurde erst im Zuge von DA22 um eine grafische Darstellung erweitert. Diese wurde von den Veranstaltenden von DA22 und AOSE22WS als sehr hilfreich eingestuft. Hinzu kommen die nützlichen Beschreibungen, wie die Personengruppen aus Crowd in Jira und Confluence übernommen werden können und wie die Rechteverwaltung in diesen durchgeführt werden kann.

Es hat sich gezeigt, dass in vorherigen Lehrveranstaltungen bereits die textuelle Beschreibung essenziell ist, um selbst für die gleichen Veranstaltenden bei dem Aufsetzen einer neuen Lehrveranstaltung einen schnellen Einstieg zu garantieren.

Mattermost konnte nicht an den zentralen Authentifizierungsdienst angebunden werden (s. Seite 282). Dies führt dazu, dass alle Personen sich hier einen zusätzlichen Account erstellen müssen. Während das zwar einen weiteren Arbeitsschritt bedeutet, gab es im Kontext der Planung und Koordination dadurch kaum negative Auswirkungen (in einigen Fällen vergaßen Personen, dass sie für Mattermost eine andere Kennung und ein anderes

¹⁷https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/#crowd, besucht am 31.01.2024

Passwort benötigen als bei den restlichen Authentifizierungen). Dies hat jedoch zu Herausforderungen in der Datenanalyse geführt, die in s. Abschnitt 15.1.4, S. 351 näher erläutert werden.

14.2.4 Unterstützung der Konfiguration

Die Konfiguration der Komponenten einer LLUA wird im Handbuch sowohl prinzipiell als auch konkret beschrieben¹⁸. Die Beschreibungen enthalten sowohl Anweisungen für spezielle Konfigurationen, die in der exemplarischen LLUA vorgenommen wurden als auch Links zu den offiziellen oder anderen hilfreichen Anleitungen.

Diese Inhalte konnten in DA22 und AOSE22WS gewinnbringend eingesetzt werden, da so auch Veranstaltende mit weniger Erfahrung und sogar einige Teilnehmenden bei der Einrichtung ihrer Jira Projekte bzw. Confluence Spaces unterstützt wurden.

14.2.5 Unterstützung der Wartung

Die Wartung der Komponenten einer LLUA wird im Handbuch ebenfalls prinzipiell als auch konkret beschrieben¹⁹. Dort werden z. B. detailliert Herangehensweisen an konkrete Herausforderungen beschrieben, die z. B. beim Backupen und Updaten der einzelnen Softwareanwendungen auftreten.

Diese Inhalte haben dazu geführt, dass sich unter den Veranstaltenden standardisierte Prozesse für diese Tätigkeiten etabliert haben. Die Beschreibungen können darüber hinaus als eine Art Checkliste verwendet werden.

In DA22 und AOSE22WS haben diese Beschreibungen dazu geführt, dass weitere Personen an diese Aufgaben herangeführt werden konnten. So wurde die Wartung der LLUA während der beiden ausgewählten Lehrveranstaltungen vorrangig von zwei studentischen Hilfskräften und nicht von den Veranstaltenden selbst durchgeführt. Durch dieses begleitete Lernen konnten die Beschreibungen außerdem geschärft und ergänzt werden.

14.3 Diskussion der Forschungsfrage 1 und Hypothese 1

Als Abschluss dieses Kapitels werden im Folgenden die Forschungsfrage 1 und Hypothese 1 sowie ihre Subfragen bzw. Subhypothesen gegenübergestellt und die dazu erforschten und entwickelten Ergebnisse diskutiert.

¹⁸https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/konfiguration/, besucht am 31.01.2024

¹⁹https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/wartung/, besucht am 31.01.2024

Tabelle 14.3: Gegenüberstellung der Forschungsfrage 1 sowie der Hypothese 1.

Forschungsfrage	Hypothese
Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Planen, Koordinieren und Überblicken ihrer eigenen Tätigkeiten und denen der anderen Personen unterstützt werden?	Wenn die agierenden Personen in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung gängigen Projektmanagementumgebung unterstützt werden können, dann können damit auch die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterstützt werden.

In diesem Forschungsprojekt konnte exemplarisch gezeigt werden, dass die Veranstaltenden und Teilnehmenden von projektbasierten Lehrveranstaltungen mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung unterstützt werden können. Zu diesem Zweck hat sich die Kombination aus Jira, Confluence, GitLab, Mattermost und BBB als geeignet erwiesen. Es ist davon auszugehen, dass andere Softwareanwendungen, welche die gleichen oder ähnlichen erforderlichen Funktionalitäten bieten, ebenfalls eine solche Unterstützung leisten können.

14.3.1 Planen und Koordinieren von Tätigkeiten

Tabelle 14.4: Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Planen und Koordinieren von Tätigkeiten“.

Forschungsfragen	Hypothesen
Wie können die Veranstaltenden/Teilnehmenden bei dem Planen und Koordinieren ihrer Tätigkeiten/den Tätigkeiten der anderen/den Tätigkeiten der Teams unterstützt werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstaltende/Teilnehmende ihre Tätigkeiten/die Tätigkeiten der anderen/die Tätigkeiten von Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung planen und koordinieren.
Wie unterscheiden sich die effektiven Unterstützungen für das Planen und Koordinieren der Tätigkeiten für sich selbst, für andere und ganze Teams?	
Welche unterschiedlichen Arten von Tätigkeiten existieren in projektbasierten Lehrveranstaltungen?	-

Wie unterscheidet sich die Unterstützung für verschiedene Arten von Tätigkeiten?

Je unterschiedlicher voneinander Tätigkeiten in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen in ihrer Art sind, desto unterschiedlicher ist auch die benötigte Unterstützung zur Planung und Koordination.

Die Benutzung eines Issue-Trackers wurde von einigen Teilnehmenden zunächst als aufwendig oder sogar überflüssig empfunden. Im Verlauf der Lehrveranstaltungen haben sich diese Ansichten jedoch meistens geändert und vom Großteil der Teilnehmenden wurde ein solches Werkzeug als nützliche Unterstützung eingestuft.

Es hat sich gezeigt, dass die unterschiedlichen Arten von Tätigkeiten in projektbasierten Lehrveranstaltungen höchst variabel sein können. Die Wahl einer geeigneten Granularität in der Beschreibung von Tätigkeiten ist keine einfache Aufgabe. Im Kontext dieses Forschungsprojekts wurde der Versuch unternommen, solche Tätigkeiten zu definieren. Die Veranstaltenden und Teilnehmenden mussten bei der Buchung von Arbeitszeiten eine dieser Tätigkeiten auswählen. Dies sind die folgenden:

- Administration: Konfiguration und Wartung von Softwareanwendungen
- Bugfix: Behebung eines zuvor festgestellten Fehlers
- Documentation: Festhalten von Informationen, Beschreibung von Tätigkeiten oder Situationen
- Implementation: Erschaffung von Code, Modellen o. ä.
- Lecture: Teilnahme an einem Vortrag
- Management: Koordination von Aufgaben und Personen
- Meeting: Teilnahme an einer Besprechung
- Research: Durchführung einer Recherche
- Review: Begutachtung der Arbeit anderer
- Setup: Installation und initiale Konfiguration von Softwareanwendungen
- Testing: Durchführung von manuellen Tests oder Implementierung von Programmtests

Es wurde festgestellt, dass das Verständnis über die Tätigkeiten trotz Beschreibung nicht einfach ist und die Veranstaltenden sowie Teilnehmenden nicht in allen Fällen ihre durchgeführte Aktivität einer der vorgeschlagenen Tätigkeiten zuordnen können. Versuche, weniger oder mehr Arten von Tätigkeiten vorzuschlagen, führten zu ähnlichen Ergebnissen. Diese Liste ist in Zukunft also noch zu verbessern und – wie oben bereits angedeutet – individuell an die jeweilige Lehrveranstaltung anzupassen.

Während die Planung und Koordination für sich selbst keine expliziten Absprachen und Termine erfordert müssen den Personen eines Teams Möglichkeiten bereitgestellt werden, sich auszutauschen, zu verabreden und einen einheitlichen Überblick zu gewinnen. Die notwendige Unterstützung bei der Planung und Koordination hängt also weniger von der Art der Tätigkeit ab als davon, wie viele Personen diese Tätigkeiten gemeinsam durchführen wollen – wenn die Tätigkeit nicht per Definition eine Gruppen-Aktivität ist, wie z. B. Meeting und Lecture (s. o.).

Das Finden solcher Termine könnte prinzipiell z. B. – wie es auch in anderen Bereichen praktiziert wird – durch die Nutzung eines Kalenders unterstützt werden. Dies hat sich in

den betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen jedoch nicht als effektiv erwiesen, da die Veranstaltenden und Teilnehmenden i. d. R. keine festen Arbeitszeiten außerhalb der Präsenzzeiten haben, in denen sie prinzipiell für diese Lehrveranstaltung zur Verfügung stehen würden. Sie müssten also ihre belegten bzw. freien Zeiten selbstständig in einen Kalender eintragen, damit andere Personen sich einen Überblick darüber verschaffen könnten, wann die meisten notwendigen Personen Zeit hätten. Aus unterschiedlichen Gründen ist dies von den Personen nicht gewollt und der Aufwand der Pflege eines solchen Kalenders übersteigt den Nutzen. Die Kommunikation via Text-Gruppen-Chat hat sich als praktikable Alternative erwiesen, sofern alle betroffenen Personen in angemessener Zeit reagieren.

14.3.2 Überblicken von Tätigkeiten

Tabelle 14.5: Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Bereich „Überblicken von Tätigkeiten“.

Forschungsfrage	Hypothese
Wie können die Veranstaltenden/Teilnehmenden bei der Gewinnung eines Überblicks der vergangenen/aktuellen/zukünftigen ihrer Tätigkeiten bzw. der Tätigkeiten der anderen/der Teams unterstützt werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstaltende/Teilnehmende einen Überblick der vergangenen/aktuellen/zukünftigen Tätigkeiten von ihnen/der anderen/der Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung gewinnen.

Bei dem Überblicken der Tätigkeiten konnten die Issue-Tracker-Funktionalitäten von Jira und das Protokollieren und Dokumentieren in Confluence unterstützend eingesetzt werden. Sind Personen in mehreren Projekten aktiv, so kann es hilfreich sein, das Jira Dashboard für sich entsprechend zu konfigurieren, um einen schnellen Überblick all seiner aktuellen und anstehenden Issues zu gewinnen. Zusätzlich unterstützen dabei die Benachrichtigungen, die Jira und Confluence via E-Mail versenden, wenn z. B. an beobachteten oder mitwirkenden Issues bzw. Pages Änderungen vorgenommen werden.

Die Einrichtung eines Projekts je Team in Jira und eines Spaces in Confluence wurde dabei als eine geeignete Trennung der Kontexte und Reduktion der Komplexität empfunden. Nachteilig daran ist, dass die Teilnehmenden nicht zufällig mitbekommen, woran die anderen Teams gerade arbeiten. Zum Beispiel könnten so ähnliche Herausforderungen mehrfach bearbeitet werden, anstatt dass sich Teilnehmende aus unterschiedlichen Teams einem Problem gemeinsam annehmen. Diesem kann z. B. durch ein wöchentliches Meeting (in BBB) entgegengewirkt werden, in welchem die Teams darüber berichten, was in der letzten Woche erarbeitet wurde, was dabei gut und was dabei verbesserungswürdig war und welche Vorhaben für die nächste Woche anstehen. Um die Effektivität einer solchen Praktik zu erhöhen, ist es ratsam, eine direkte, synchrone Kommunikationsform einzusetzen.

14.3.3 Planen und Koordinieren von Arbeitszeit

Tabelle 14.6: Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothese für den Bereich „Planen und Koordinieren von Arbeitszeit“.

Forschungsfragen	Hypothese
Wie können die Veranstalter/Teilnehmenden bei dem Planen und Koordinieren ihrer Arbeitszeit/der Arbeitszeit der anderen/der Arbeitszeit der Teams unterstützt werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstalter/Teilnehmende ihre Arbeitszeit/die Arbeitszeit der anderen/die Arbeitszeit von Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung planen und koordinieren.
Wie unterscheiden sich die effektiven Unterstützungen für das Planen und Koordinieren der Arbeitszeit für einen selbst, für andere und ganze Teams?	

Auch das Schätzen und Buchen der Arbeitszeit (ähnliche wie die Benutzung eines Issue-Trackers) wurde von den Teilnehmenden zunächst als aufwendig und überflüssig empfunden, obwohl die Unterstützung des Jira Add-ons WorklogPRO als positiv bewertet wurde. Im Verhältnis haben nur wenige Teilnehmende von einem Lerneffekt bei der Einschätzung benötigter Arbeitszeit für bestimmte Tätigkeiten berichtet. Dies könnte daran liegen, dass die Anzahl wiederkehrender Tätigkeiten in den beobachteten Lehrveranstaltungen gering war und die Zeitspanne einer solchen möglicherweise zu kurz ist, um einen derartigen Lerneffekt zu beobachten. Auf der anderen Seite wurde das Schätzen der Arbeitszeit für einzelne Issues insgesamt selten vollzogen.

Es ist anzumerken, dass sich ohne eine Arbeitszeit- bzw. Arbeitsaufwandsschätzung, diese nicht wünschenswert planen und koordinieren lassen. Dies gilt insbesondere für Gruppenaktivitäten, für welche zunächst ein Zeitslot gefunden werden muss. Überschreitet die Arbeitsdauer diesen Zeitslot, so kann dies zu negativen Effekten führen, wie z. B., dass wissende Teammitglieder fehlen oder die Teilnehmenden den Eindruck erhalten, dass der Aufwand für die Lehrveranstaltung (unverhältnismäßig) hoch ist.

Die Veranstalter/Teilnehmenden haben beobachtet, dass es positive Auswirkungen auf die Teamarbeit haben kann, wenn ein Team sich einen gemeinsamen Zeitslot in der Woche reserviert. Dieser kann neben der Präsenz-/Veranstaltungszeit als weiterer fester Termin dienen, der sich über die Wochen hinweg nur geringfügig verändert.

Aus diesem Grund sollte auch der Zeitslot, in welchem die Veranstaltung stattfindet, zu einem großen Teil für praxisorientierte Tätigkeiten reserviert werden. In dieser Zeit halten sich außerdem auch die Veranstalter/Teilnehmenden für Rückfragen bereit oder bringen sich aktiv ein. Auf diese Weise können Unklarheiten frühzeitig beseitigt und Lösungen schneller erreicht werden.

Die spontane Koordination der Arbeitszeiten ließ sich darüber hinaus mittels Mattermost (oder anderweitig genutzter textbasierter Kommunikationsdienste) unterstützen. Insgesamt ist dies in einer projektbasierten Lehrveranstaltung jedoch eine Herausforderung, die von einer LLUA noch besser unterstützt werden könnte.

14.3.4 Überblicken von Arbeitszeit

Tabelle 14.7: Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Bereich „Überblicken von Arbeitszeit“.

Forschungsfrage	Hypothese
Wie können die Veranstaltenden/Teilnehmenden bei der Gewinnung eines Überblicks ihres vergangenen/aktuellen/zukünftigen Zeitaufwands und dem der anderen/der Teams unterstützt werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstaltende/Teilnehmende einen Überblick der vergangenen/aktuellen/zukünftigen Arbeitszeit von ihnen/der anderen/der Teams mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen Projektmanagementumgebung gewinnen.

Die geschätzte, gebuchte und verbleibende Arbeitszeit werden in Jira für jedes Issue einzeln angezeigt. Ein Überblick über mehrere Issue lässt sich sowohl mittels der allgemeinen Issue-Übersicht als auch mittels der Sprint-Ansicht jedoch nicht gewinnen.

Mittels der *Timesheet* Übersicht oder dem *Pivot Report*²⁰ des Jira Add-ons Worklog-PRO lässt sich u. a. einsehen, wie viele Stunden die einzelnen Teilnehmenden insgesamt, pro Woche und pro Tag bereits gebucht haben (durch etwaige Filtermöglichkeiten lässt sich diese Arbeitszeit detailliert untersuchen). Diese Untersuchungen werden hier jedoch bereits als Datenanalyse eingestuft und somit erst im nächsten Kapitel näher betrachtet. Außerdem bietet die Reportfunktionalität von Jira weitere Einblicke in die geschätzte, gebuchte und noch offene Arbeitszeit. Dadurch können die Veranstaltenden z. B. einschätzen, ob alle Teilnehmenden bzw. Teams ähnlich viel Zeit investieren, einige hervorstechen oder ob die Teams sich in ihrem eigenen Zeitplan befinden.

Mit diesen Mitteln und Ansichten herauszufinden, wer wann vermehrt arbeitet und somit für die Kooperation geeignete Personen zu identifizieren ist schwierig.

Zu der Buchung der Arbeitszeit gehört jeweils die Angabe der vollzogenen Tätigkeitsart (wie bereits oben aufgeführt). Dadurch lassen sich mit den oben genannten Mitteln Übersichten erzeugen, wie z. B. wie viel Zeit für eine bestimmte Art pro Woche/Monat/Projekt/Person aufgewendet wurde.

Die Beobachtung bzw. Untersuchung der Arbeitszeit sollte insgesamt vorsichtig eingesetzt werden und vielmehr als eine Tendenz betrachtet werden. Denn diese kann von den tatsächlichen Arbeitszeiten abweichen, da die Eingabe via integrierter Stoppuhr oder händisch erfolgen kann. Aus unterschiedlichen Gründen könnten die Teilnehmenden die Arbeitszeit jedoch auch absichtlich „fälschen“. Dies könnte z. B. dadurch motiviert werden, wenn die absolvierte Arbeitszeit von den Veranstaltenden als Benotungs- oder Bestehenskriterium herangezogen wird.

²⁰Diese Ansichten sind i. d. R. nur für berechnete NutzerInnen freigeschaltet, da dort nicht-pseudonymisiert Daten dargestellt werden.

14.4 Zusammenfassung

Anhand der beiden projektbasierten Lehrveranstaltungen DA22 (s. Abschnitt 2.6.3) und AOSE22WS (s. Abschnitt 2.6.2), welche hier als Fallbeispiele dienen, wurde der Einsatz der exemplarischen LLUA im Untersuchungskomplex des Planens und Koordinierens präsentiert und ihre Unterstützung diskutiert. Es hat sich gezeigt, dass die angestrebte Unterstützung der Veranstaltenden und Teilnehmenden in diesem Bereich von einer Projektmanagementumgebung (PMU) erbracht werden kann, die heutzutage typisch für die verteilte Softwareentwicklung ist. Die Kombination aus Jira, Confluence, GitLab, Mattermost und BigBlueButton (BBB) hat sich demnach als geeignet erwiesen.

Des Weiteren wurde die Unterstützung diskutiert, welche das Rahmenwerk bzgl. dieses Untersuchungskomplexes für die beiden oben genannten Lehrveranstaltungen geboten hat. Diese adressieren sowohl das Planen und Koordinieren als Tätigkeiten als auch den Betrieb und die Nutzung der oben aufgeführten Softwareanwendungen. Die (Weiter-)Entwicklung der exemplarischen LLUA wurde von der systematischen Betrachtungsweise besonders im Verständnis der benötigten und angebotenen Dienste für die individuellen Bedürfnisse der Lehrveranstaltungen gefördert. Die technisch orientierten Anleitungen haben u. a. dabei unterstützt, neue Hilfskräfte an die Wartung der Softwareanwendungen heranzuführen.

Während das Überblicken von Tätigkeiten durch diesen Bereich adäquat unterstützt wird, wurden beim Planen und Koordinieren von Gruppenaktivitäten weitere Herausforderungen aufgezeigt. Zu diesen zählt u. a. die zeitliche Kollision mit privaten Terminen und Verpflichtungen außerhalb der Präsenzzeit, welche in einem gemeinsam genutzten Kalender nicht offen gelegt werden.

15 Unterstützung des Datenanalysierens

Der zweite Untersuchungskomplex wird von der Forschungsfrage 2 sowie ihren Subforschungsfragen (s. Abschnitt 4.1) aufgespannt und anhand der Hypothese 2 sowie ihren Subhypothesen (s. Abschnitt 4.2) ausgerichtet.

Zur Erforschung dieser, trägt eine LLUA mit ihren Bereichen *Analyse* sowie *Reflexion* bei (s. Abschnitt 7.1). Das Rahmenwerk widmet diesem Untersuchungskomplex den gesamten Cluster *Unterstützung der Datenanalyse* sowie Teile der zwei Cluster *Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen* und *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* (s. Abschnitt 7.2).

In diesem Kontext ist zu untersuchen, inwiefern die mit dem Rahmenwerk entwickelte exemplarische LLUA die definierten Anforderungen erfüllt und ob sie einen positiven Nutzen für die Lehrveranstaltungen hatte, in denen sie eingesetzt wurde. Dazu wird beschrieben, wie die exemplarische LLUA konkret in ausgewählten projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt wurde, welche Auswirkungen die beiden oben genannten Bereiche der exemplarischen LLUA (bisher) auf diese hatten und wie dies zu begründen ist. Anschließend wird beschrieben und diskutiert, inwiefern das Rahmenwerk die konkrete Entwicklung und den Einsatz der exemplarischen LLUA unterstützt hat. Sowohl für die LLUA als auch für das Rahmenwerk, wird diese Untersuchung in Form von Tabellen präsentiert, welche mit Texten ergänzt werden, um die Auswertung möglichst kompakt darzustellen.

Am Ende dieses Kapitels werden die Beiträge vor dem Hintergrund der Forschungsfrage 2 sowie ihrer Subforschungsfragen und der Hypothese 2 sowie ihrer Subhypothesen diskutiert und ausgewertet.

15.1 Einsatz der exemplarischen LLUA und dessen Auswirkungen

Zuvor wurden in dieser Dissertationsschrift die Anforderungen an die Bereiche *Analyse* sowie *Reflexion* einer LLUA definiert (s. Abschnitt 9.2.4 und Abschnitt 9.2.5) und eine konzeptionelle sowie exemplarische LLUA für diese Bereiche entworfen und entwickelt (s. Abschnitt 10.4). In diesem Abschnitt wird der Einsatz dieser Bereiche der exemplarischen LLUA in ausgewählten projektbasierten Lehrveranstaltungen beschrieben und diskutiert. Zu diesem Zweck werden – wie in dem vorherigen Kapitel – die beiden projektbasierten Lehrveranstaltungen DA22 (s. Abschnitt 2.6.3, S. 47) und AOSE22WS (s. Abschnitt 2.6.2, S. 47) als Fallstudien herangezogen. In beiden wurde mit kleinen Ausnahmen die gleiche LLUA eingesetzt, jedoch wurden die beiden Bereiche auf grundlegend unterschiedliche Weise genutzt. Während in DA22 die beiden Bereiche von den Veranstaltenden, einer externen Person und auch von den Teilnehmenden genutzt wurden, wurden diese in AOSE22WS ausschließlich von einem Veranstaltenden und zwei externen Personen genutzt. Die externen Personen agierten im Rahmen der Rolle AnalytikerIn und werden im Folgenden der Einfachheit halber so benannt.

Die Datenanalysen beider Projekte wurde von dem Autor der vorliegenden Arbeit zusammen mit Dejan Simic im Kontext seiner Bachelorarbeit [Simic 2023] durchgeführt.

Dies stellte insbesondere eine Fortentwicklung der technischen Umgebung dar, indem Tätigkeiten, die zuvor „händisch“ von Personen durchgeführt wurden, durch die Nutzung technischer Artefakte unterstützt werden (vgl. Seite 107, Stichwort „Fortentwicklung“, Abschnitt 10.2.3 und Seite 266). In der genannten Bachelorarbeit sind weitere Details aufgeführt. Außerdem wurden ausgewählte Ergebnisse und abgeleitete Erkenntnisse dieser beiden Durchführungen in [Simic u. a. 2023] veröffentlicht.

Unabhängig davon, von wem die Datenanalysen durchgeführt werden, wird eine solche im Kontext dieses Forschungsprojekt als ein Projekt betrachtet, welches sich ebenfalls durch die Mittel und Vorgehensweisen unterstützten lässt, die schon im vorherigen Kapitel besprochen wurden. Crowd, Jira, Confluence, Mattermost und BigBlueButton (BBB) werden also auf ähnliche Weise eingesetzt, um das innewohnende bzw. das begleitende Datenanalyseprojekt zu unterstützen.

In der Tabelle 15.1 ist zunächst dargestellt, wie die definierten Anforderungen an die beiden Bereiche einer LLUA von der exemplarischen LLUA konkret erfüllt werden. Die beiden Bereiche *Planung & Durchführung* und *Kommunikation & Kollaboration* werden nicht erneut aufgeführt.

Tabelle 15.1: Übersicht darüber, mit welcher konkreten Unterstützung die exemplarische LLUA auf die definierten Anforderungen an die Bereiche *Analyse* und *Reflexion* reagiert.

A.: Analyse, R.: Reflexion, Proj.m.: Projektmanagement, Inform.: Informations-/Materialien austausch, Dokumentation, T.S.V.B.: Text-/Sprach-/Video-Chat, Bildschirmübertragung, D.ver.: Datenverarbeitung, D.sam.: Datensammlung, D.B.man.: Datenbankmanagement, D.ana.: Datenanalyse, DWH: Data Warehouse, Events*: (Wer, Was, Wann)

Anforderungen	Bereiche	Komponenten	Ausprägungen	Angebotene Unterstützung
Daten erheben und aufzeichnen (S. 178)	A.	Proj.m.	Jira	Datenaufzeichnung (u. a.): • Projekte und Mitglieder • Sprints (Start, Ende, zugehörige Issues, Events*) • Issues (Typ, Priorität, Labels, Sprints, Statusübergänge, zugewiesene Person, Links, Events*) • Arbeitszeit (manuell einzelne Buchungen, geschätzte, tatsächliche, Events*)

		Inform.	Confluence	Datenaufzeichnung (u. a.): • Spaces und Mitglieder • Pages und Blogbeiträge (Erstellt, Aktualisiert, Kommentare, Likes, Events*) • Anhänge (Erstellt, Aktualisiert, Größe, Typ, Events*) • Aufrufe (Pages, Anhänge, Blogbeiträge)
		T.S.V.B.	Mattermost	Datenaufzeichnung (u. a.): • Teams und Mitglieder • Channels (Erstellt, Aktualisiert, zugehörige und angepinnte Nachrichten, Events*) • Nachrichten (Erstellt, Aktualisiert, AutorIn, Reaktionen, Antworten, Events*) • Dateien (Größe, Typ, Events*)
ETL-Prozess durchführen (S. 179)	A.	D.B.man.	DBeaver	• Auffinden und inspizieren der Daten • Anlegen und managen von Datenbankschemata
		D.ver.	PDI-Server	• Führt Jobs und Transformationen für den ETL-Prozess aus • Definiert Schedules für eine automatisierte Ausführung • Dient als Repository für Jobs und Transformationen
			PDI-Client	• GUI für die Entwicklung von Jobs und Transformationen • Führt Jobs und Transformationen für den ETL-Prozess aus
		D.sam.	DWH DB	• Dient als Datensammlung für Power BI (<i>Business Intelligence</i>)
			DWH Files	• Dienen als Datensammlung für Disco und ProM (<i>Process Mining</i>)
Pseudo- und anonymisieren (S. 181)	A.	D.B.man.	DBeaver	• Inspizieren der Daten während der Risikoanalyse
		D.ver.	PDI-Client	• Dient der Umsetzung von Pseudonymisierungs- und Anonymisierungsverfahren

Daten bereinigen (S. 183)	A.	D.B.man.	DBeaver	• Inspizieren der Daten während der Untersuchung
		D.ver.	PDI-Client	• Dient der Umsetzung von Datenbereinigungsverfahren
Daten für Analysen bereitstellen (S. 184)	A.	D.sam.	DWH DB	• Dient als Zugriff auf die Datensammlung für Power BI (<i>Business Intelligence</i>)
			NGiNX Fileserver	• Stellt die Dateien für PM zum Download bereit (TLS verschlüsselt)
Fakten- und Verhaltensanalysen (S. 186)	A.	D.ana.	Power BI	• Für Analysen mittels <i>Business Intelligence</i>
			Disco	• Für Analysen mittels <i>Process Mining</i>
			ProM	• Für Analysen mittels <i>Process Mining</i> und Social Mining
Analysen evaluieren und nutzen (S. 188)	R.	Proj.m.	Jira	• Inspizieren der untersuchten Projekte während der Evaluation
		Inform.	Confluence	• Inspizieren der untersuchten Spaces während der Evaluation • Veröffentlichung der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge
		D.B.man.	DBeaver	• Inspizieren der Roh- und der verarbeiteten Daten während der Evaluation
		T.S.V.B.	BigBlue-Button	• Kommunikation und Besprechung der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge
		T.S.V.B.	Mattermost	• Inspizieren der untersuchten Teams während der Evaluation • Ankündigung der Veröffentlichung der Analyseergebnisse • Zusätzliche Zusammenfassung der Anpassungsvorschläge
Verhalten reflektieren (S. 189)	R.	Inform.	Confluence	• Konsumieren und nachvollziehen der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge

		T.S.V.B.	BigBlue- Button	• Anregung der Reflexion
		T.S.V.B.	Matter- most	• Anregung der Reflexion
Analyse- und Reflexions- prozess dokumen- tieren (S. 191)	A., R.	Inform.	Conflu- ence	• Bereitstellung einer Vorlage für die Dokumentation • Die Dokumentationen der einzelnen Prozesse werden hier durchgeführt • Die Dokumentationen können eingesehen werden

15.1.1 Authentifizierung

Für die Datenanalyse ist die Authentifizierung vielseitig. Erstens müssen Zugriffe auf die Daten und Datenbanken ermöglicht werden, aus denen die zu analysierenden Daten extrahiert werden sollen. Zweitens müssen Zugriffe auf die Datensammlung, also auf das *Data Warehouse* (DWH), ermöglicht werden und drittens wird zur Nutzung von PDI-Server eine Authentifizierung benötigt.

Während in AOSE22WS nur ein Veranstalter und zwei weitere AnalytikerInnen die besagten Zugänge benötigten, sollten in DA22 auch die Teilnehmenden entsprechende Zugänge erhalten. Den Teilnehmenden wurden für diesen Zweck in den Quelldatenbanken bereits pseudonymisierte und anonymisierte *Views* bereitgestellt, auf die ihnen Leserechte gewährt wurden (mittels eines Datenbankbenutzers für alle Teilnehmende). So konnte sichergestellt werden, dass die Teilnehmenden keine Roh-Daten für ihre Analysen verwenden. Auch für PDI-Server sowie das DWH (Datenbank und CSV-Dateien Download) haben die Teilnehmenden gemeinsam genutzte Accounts erhalten.

Die Vergabe gemeinsam genutzter Accounts ist nicht in allen Umgebungen ratsam, aber in DA22 hatte diese Entscheidung auf der einen Seite praktische Gründe, denn so ließ sich die Rechteverwaltung überschaubar gestalten. Auf der anderen Seite hatte dies auch didaktische Gründe. Es war beabsichtigt, dass die Teilnehmenden Zugriff auf die Jobs und Transformationen haben, welche die anderen in PDI-Server hinterlegt hatten. Außerdem sollten sie auch die Schemata und Daten einsehen können, welche die anderen im DWH angelegt haben. So konnten sie sich z. B. Anregungen holen oder bei aufkommenden Herausforderungen auch gruppenübergreifende Unterstützung leisten.

Den Veranstaltern sowie den beiden AnalytikerInnen wurden jeweils Benutzungskonten mit weiteren Rechten vergeben.

15.1.2 Aufgabenmanagement

Für beide ausgewählte Lehrveranstaltungen wurde in Jira jeweils ein begleitendes Projekt für die Datenanalyse angelegt, in welchem die Veranstalter und ggf. externe AnalytikerInnen ihre Tätigkeiten geplant und koordiniert haben. Die Nutzung unterscheidet sich dabei kaum von der, welche bereits in dem vorherigen Kapitel für das Aufgabenmanagement in DA22 geschildert wurde (s. Abschnitt 14.1.2).

Im Untersuchungskomplex der Datenanalyse spielt das Aufgabenmanagement jedoch noch eine andere Rolle, denn Jira wurde in beiden Lehrveranstaltungen dafür eingesetzt, Daten aufzuzeichnen, die analysiert werden sollten (s. Tabelle 15.1). In beiden Lehrveranstaltungen wurde dabei der Fokus auf die Nutzung des Issue-Trackers, also der Umgang mit den Issues, und die Buchung der Arbeitszeit (*Worklog*) gelegt. Sowohl die Interaktionen mit den Issues als auch die mit den Worklogs werden von Jira inklusive der Zeitstempel aufgezeichnet, also als Events, und können als solche aus der Datenbank extrahiert werden.

Des Weiteren kann Jira in den Tätigkeitsblöcken aus dem Vorgehensmodell für die Datenanalyse (s. Abschnitt 12.3.1) „Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen“ sowie „Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen“ genutzt werden. Dies war für die Teilnehmenden von DA22 jedoch untersagt, denn die Inspektion der Softwareanwendungen und die Verknüpfung mit pseudonymisierten bzw. anonymisierten Daten beinhaltet ein hohes Risiko, Pseudonyme aufzuschlüsseln. Die Teilnehmenden wurden zudem mehrfach auf dieses Risiko hingewiesen, um sie für solche Gegebenheiten zu sensibilisieren. Die Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen haben davon nur in sehr wenigen Fällen Gebrauch gemacht, um z. B. die Anzahl aller Issues oder der gebuchten Stunden pro Projekt zu vergleichen. Dadurch ist z. B. aufgefallen, dass einige Teilnehmende in DA22 (aus Versehen) Worklogs für den Issue Typ *Epic* erstellt haben, was nicht vorgesehen war und welche bis zu diesem Zeitpunkt nicht bei der Analyse der Arbeitszeiten berücksichtigt wurden. Daraus ergab sich eine Differenz der Arbeitszeiten in Jira und der Datenanalyse, welche behoben werden konnte.

15.1.3 Informationen und Materialien austauschen sowie Dokumentation

Auch in Confluence wurden für beide ausgewählten Projekte Spaces für die begleitende Datenanalyse angelegt, um diese zu dokumentieren. Dazu wurde die Vorlage für die Dokumentation der Datenanalyse (s. Abschnitt 12.3.2) eingesetzt, welche in Confluence als Template angelegt werden konnte.

Genau wie Jira, wurde auch Confluence in den beiden Lehrveranstaltungen dazu genutzt, Daten aufzuzeichnen. Der Fokus wurde dabei auf die Interaktionen mit den einzelnen Pages und deren *Attachments* (Dateianhänge) gelegt. Die Aufzeichnung der benötigten Daten in Form von Events wurde mittels des *Access Log for Confluence*¹ Add-ons realisiert.

Confluence konnte ebenfalls von den Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen dazu genutzt werden, um die extrahierten Daten und die durchgeführten Analysen zu evaluieren. Da auch dies die Gefahr der Aufschlüsselung von Pseudonymen beinhaltet, sollte davon nur selten Gebrauch gemacht werden. Den Teilnehmenden war dies ebenfalls untersagt. Dadurch konnte z. B. in seltenen Fällen überprüft werden, ob die geringe Anzahl von Pages in einigen Spaces der Wahrheit entspricht oder ob in solchen Fällen Probleme in der Datenvorverarbeitung vorlagen.

Zusätzlich wurde Confluence in DA22 dazu genutzt, die Anpassungsvorschläge sowie die Analyseergebnisse detailliert in Form eines Blogs veröffentlicht, um den Teilnehmenden einen entsprechenden Einblick zu gewähren. Der Detailgrad wurde dabei absichtlich hoch gewählt, da die Teilnehmenden durch diesen Blog Anregungen erhalten und Inhalte erlernen sollten, die ihnen im weiteren Verlauf der Lehrveranstaltung als Unterstützung dienten (vgl. [Simic 2023]).

¹<https://marketplace.atlassian.com/apps/1222724/access-log-for-confluence?tab=overview&hosting=datacenter>, besucht am 31.01.2024

Des Weiteren wurde Confluence dazu genutzt, mittels des Add-ons *Forms for Confluence*² Umfragen durchzuführen.

15.1.4 Kommunikation und virtuelle Räume

In DA22 wurde Mattermost dazu eingesetzt, die Veröffentlichung der neuen Blog-Posts anzukündigen und ggf. die Anpassungsvorschläge zusammengefasst darzustellen (zur Anregung der Reflexion der Veranstaltenden und Teilnehmenden). Außerdem wurden mittels Mattermost Kommunikationsdaten aufgezeichnet. Dabei wurden in beiden ausgewählten Lehrveranstaltungen die Nachrichten fokussiert. Die Interaktionen der Personen mit den Nachrichten (erstellt, editiert, beantwortet, reagiert usw.) werden in der Mattermost Datenbank inklusive der sendenden und empfangenden Personen bzw. Channels aufgezeichnet.

Auch Mattermost kann während der Evaluation der Analysen von den Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen inspiziert werden, um z. B. zu überprüfen, ob die von der Analyse berücksichtigten Nachrichten eine realistische Anzahl widerspiegelt.

Ein Problem mit den Daten von Mattermost, welches bereits in einer vorherigen Lehrveranstaltung zum Tragen kam und gelöst wurde, war, dass die einheitliche Pseudonymisierung erschwert war. Dadurch, dass Mattermost nicht an den zentralen Authentifizierungsdienst angebunden werden konnte (s. Seite 282), wickelte Mattermost die E-Mail-Adresse einiger Personen von der ab, welche im zentralen Authentifizierungsdienst hinterlegt war und somit auch in Jira und Confluence genutzt wurde. Das implementierte Pseudonymisierungsverfahren benutzt jedoch die E-Mail-Adresse als gemeinsamen Nenner, um eine einheitliche Pseudonymisierung über die Daten aller Softwareanwendungen hinweg zu ermöglichen. Diesem Sachverhalt konnte in DA22 und AOSE22WS entgegengewirkt werden, indem alle Teilnehmenden dazu aufgefordert wurden, sich mit der gleichen E-Mail-Adresse bei Mattermost zu registrieren, die auch im zentralen Authentifizierungsdienst hinterlegt war.

Der virtuelle Raum, der durch BBB geschaffen werden kann, wurde dafür verwendet, die Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge mündlich und ggf. grafisch zu präsentieren (vgl. Abschnitt 12.3.9). Auch diente dieser dazu, die Ergebnisse mit den Teilnehmenden zu diskutieren, Fragen zu beantworten und besonders die Reflexion der Teilnehmenden und der Veranstaltenden anzuregen.

Die von BBB aufgezeichneten Sitzungsdaten wurden in beiden ausgewählten Lehrveranstaltungen weder für die Datenanalysen verwendet noch gesichtet. In Zukunft oder in einer anderen LLUA könnten solche Daten (wer hat wann mit wem zusammen an einer Session teilgenommen) dazu genutzt werden, die Kooperation und Kollaboration einzelner Personen zu untersuchen und so z. B. soziale Netzwerke zu *minen*/erstellen (s. Abschnitt 2.3.8, S. 32).

15.1.5 Datenverarbeitung

In beiden ausgewählten Lehrveranstaltungen wurde die Datenverarbeitung mittels mehrerer grafisch modellierten bzw. implementierten ETL-Prozessen realisiert, welche mit dem

²<https://marketplace.atlassian.com/apps/261/forms-for-confluence?hosting=datacenter&tab=overview>, besucht am 31.01.2024

Pentaho Data Integration (PDI) Client Spoon erstellt wurden. Zum Auffinden und Inspizieren der Daten in den Datenbanken kam der Datenbankclient DBeaver zum Einsatz.

Konkret wurden vier Prozesse (PDI-Transformationen)³ verwendet, welche die Daten für die folgenden Fakten aufbereitet haben:

- Jira Issue Status - Die Statusveränderungen der Jira Issues
- Jira Worklog - Die Arbeitszeitbuchungen auf die Jira Issues
- Confluence Access Log - Die Interaktionen mit den Pages und Attachments in Confluence
- Mattermost Message - Die Nachrichten in Mattermost

Da beide Lehrveranstaltungen die gleiche LLUA genutzt haben und ähnliche Analyseabsichten hatten, konnten die gleichen Prozesse genutzt werden. Hinzu kam ein PDI-Job, welcher die Ausführung der oben genannten Prozesse gebündelt hat, sodass alle Prozesse zur gleichen Zeit parallel ausgeführt werden konnten.

Ausgeführt wurden die Prozesse nur zur Entwicklungszeit in Spoon. Während der produktiven Nutzung wurden die Prozesse automatisiert auf dem PDI-Server ausgeführt. In beiden Fällen war eine Ausführung des Jobs vier Mal täglich, alle sechs Stunden ab 6:00 Uhr morgens ausreichend.

Als Quellen dienten die Datenbanken von Jira, Confluence und Mattermost. Als Senke wurde sowohl die Datenbank als auch der Dateispeicher des DWHs genutzt. Während die Datenbank Sternschemata beinhaltet, wurden auf dem Dateispeicher flache Tabellen in Form von CSV-Dateien abgelegt. Diese wurden anschließend via eines Bash-Skripts, welches mittels eines Cronjobs auf der VM ausgeführt wurde, aus dem Docker Container des PDI-Servers in ein Verzeichnis kopiert, welches der Docker Container des NGiNX File Servers gemountet hatte. Vorgehalten wurden immer nur die jeweils vier letzten Dateien.

Diese kompliziert anmutende Lösung zur Bereitstellung der CSV-Dateien, könnte in Zukunft z. B. in den PDI-Job integriert werden. Aus Gründen der Wiederverwendbarkeit der PDI-Transformationen und der strikten Trennung der erwähnten Docker Container, wurde darauf bisher verzichtet.

Die Datenbankschemata im DWH wurden entweder mittels des PDI-Clients oder DBeaver erzeugt.

Die Pseudo- bzw. Anonymisierung der Daten hätte innerhalb der Prozesse erfolgen können, war für beide Lehrveranstaltungen jedoch nicht notwendig, da auf die bereits zuvor erwähnten pseudonymisierten und anonymisierten Views in den Quelldatenbanken zugegriffen wurde. Mittels des *PostgreSQL Anonymizer*⁴ Plugins wurden z. B. zufällige Zahlen und gefälschte Nachnamen erzeugt, sodass menschenlesbare Pseudonyme erzeugt werden konnten. Dies hat außerdem sichergestellt, dass die Teilnehmenden von DA22 nicht mit den Rohdaten gearbeitet haben. So mussten die Veranstaltenden sich nicht darauf verlassen, dass die Teilnehmenden geeignete Verfahren implementierten, bevor sie die Daten für Analysezwecke nutzten⁵.

³Ähnliche Prozesse sind außerdem in dem Handbuch kurz erläutert und als nutzbare Dateien bereitgestellt. https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/daten_vorverarbeiten/#download_und_anpassung_von_spoon_transformationen, besucht am 31.01.2024

⁴<https://postgresql-anonymizer.readthedocs.io/>, besucht am 31.01.2024

⁵Aus didaktischen Gründen mussten die Teilnehmenden solche Verfahren nach einer Risikoanalyse dennoch in ihre Prozesse implementieren.

Die anfallende Datenbereinigung konnte ebenfalls in die ETL-Prozesse implementiert werden, sodass dazu keine weitere oder externe Verarbeitung notwendig war. So wurden z. B. bei der Verarbeitung der Jira Issue Status Daten spezielle Events hinzugefügt, die für jedes Issue den initialen Statusübergang in den *To Do* Status repräsentierten. Dies war notwendig, da für einige in der Vergangenheit konfigurierten Workflows das Setzen des initialen Status nicht als Statusübergang (bzw. als Event) in der Datenbank hinterlegt wurde und somit für entsprechende Issues fehlte.

15.1.6 Datensammlung

Wie bereits erwähnt, wurde die Datensammlung bzw. das DWH – also die Senke für die vorverarbeiteten Daten – für die beiden ausgewählten Lehrveranstaltungen mittels einer Datenbank, eines Dateispeichers und eines NGiNX File Servers realisiert.

Die Verbindung zur Datenbank wurde mittels PDI-Server bzw. Client, DBeaver und Power BI ermöglicht. Der Download der PM-spezifischen CSV-Dateien wurde mittels des NGiNX File Servers umgesetzt. Der Zugriff auf die Dateien wurde mittels *HTTP authentication*⁶ abgesichert.

15.1.7 Datenbankmanagement

Die Datenbankmanagementkomponente – in diesem Fall durch den Datenbankclient DBeaver realisiert – wurde zusätzlich zu dem bereits oben erwähnten Auffinden und Inspizieren der Daten in den Quell-Datenbanken sowie Erstellen und Managen der Datenbankschemata im DWH auch im Rahmen der Risikoanalysen und der Evaluationen der durchgeführten Analysen eingesetzt.

Oben wird für Jira, Confluence und Mattermost erwähnt, dass diese während der Evaluation der Analysen von den Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen vorsichtig zur Unterstützung dieser eingesetzt werden können. Der erste Schritt sollte jedoch sein, dazu die Datenbankmanagementkomponente zu nutzen und mittels Datenbankabfragen die entsprechenden Werte in den Rohdaten zu überprüfen. Aufgrund der relationalen Charakteristik der Daten, ist das Risiko hier geringer, aus Versehen Pseudonyme aufzuschlüsseln.

Die Teilnehmenden von DA22 können dazu nur auf die bereitgestellten Views zugreifen. Sollten diese bereits Fehler enthalten bzw. Daten nicht integrieren, so entgeht dies den Teilnehmenden. Da ihnen jedoch die Nutzung von Jira, Confluence und Mattermost für diesen Zweck untersagt ist, wird ihnen somit ein Ansatz geboten, ihre eigenen Analysen zu überprüfen.

15.1.8 Datenanalyse

Für die Datenanalysen mittels *Business Intelligence* (BI) und PM haben die Veranstaltenden und Teilnehmenden in den ausgewählten Lehrveranstaltungen vorrangig Power BI und Disco eingesetzt. ProM kam lediglich zum Minen von sozialen Netzwerken zum Einsatz.

Der Austausch der technischen Artefakte unter den Veranstaltenden, Teilnehmenden sowie den externen AnalytikerInnen wurde vorrangig über Confluence und teilweise über Mattermost und Jira realisiert.

⁶<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Authentication>, besucht am 31.01.2024

Neben den Teilnehmenden von DA22 wurden die Datenanalysen im Kontext der beiden Lehrveranstaltungen größtenteils vom Autor dieser Arbeit und Dejan Simic im Kontext seiner Bachelorarbeit [Simic 2023] durchgeführt. In dieser ist das genaue Vorgehen, die Häufigkeiten der Analyse sowie die Arten der Veröffentlichung und Besprechung beschrieben. Der Bewertung des Potenzials der Datenanalysen wird das Kapitel 16 gewidmet und somit wird der Einsatz und die Auswirkungen der Datenanalysen auf die ausgewählten Lehrveranstaltungen an dieser Stelle nicht näher betrachtet, sondern dort wieder aufgegriffen.

15.2 Unterstützungen des Rahmenwerks und dessen Auswirkungen

Zu diesem Untersuchungskomplex trägt das Rahmenwerk mit seinen beiden Clustern *Unterstützung der Datenanalyse* und *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* bei. Auch im Kontext dieses Untersuchungskomplexes wurden die Anforderungen für diese Cluster definiert (s. Abschnitt 9.3) und ihre Inhalte konzipiert (s. Kapitel 10) und ausgestaltet (s. Kapitel 12). Ebenfalls werden ihre Inhalte zur Entwicklung einer LLUA in Teil II eingesetzt und ihre Verwendung ist im Handbuch ausführlich beschrieben. Somit wird auch hier davon abgesehen zu wiederholen, inwiefern die Hilfsmittel des Rahmenwerks zur Entwicklung und Umsetzung einer LLUA beitragen. Die zugehörige Diskussion wird in Abschnitt 17.1 geführt. Im Folgenden werden ausgewählte Beispiele angeführt, inwiefern die Inhalte des Rahmenwerks das Datenanalysieren sowie den Betrieb und die Nutzung der zugehörigen Softwareanwendungen in den beiden projektbasierten Lehrveranstaltungen DA22 und AOSE22WS unterstützt haben.

In Tabelle 15.2 ist zunächst dargestellt, wie die definierten Anforderungen an die beiden Cluster konkret erfüllt werden. Aus Gründen der Redundanz werden dabei die Anforderungen und deren Erfüllung durch den Cluster *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* jedoch nicht in der Tabelle aufgeführt, denn diese sind die gleichen, die bereits in Tabelle 14.2 präsentiert wurden. Im Anschluss an die Tabelle werden diese jedoch textuell aufgegriffen.

Tabelle 15.2: Übersicht darüber, mit welcher konkreten Unterstützung das LLUA-Rahmenwerk auf die definierten Anforderungen an den Cluster *Unterstützung der Datenanalyse* reagiert. Die hier ebenfalls zugehörigen Anforderungen an den Cluster *Unterstützung der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA* sind der Tabelle 14.2 zu entnehmen.

C3: Unterstützung der Datenanalyse

Anforderungen	Cluster	Module	Angebotene Unterstützung
Vorgehensmodell für die Datenanalyse entwickeln	C3	Vorgehensmodell	• Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn • Präsentation eines Vorgehensmodells für die Datenanalyse in projektbasierten Lehrveranstaltungen

Definition der Ziele und Herausforderungen beim Daten analysieren	C3	[alle Module]	• Präsentation des Einsatzes des <i>Konzepts der Abbildung</i> • Präsentation der Ziele und Lösungsansätze • Modellierung mittels Rollen, Zielen, Lösungsansätzen und Diensten
Definition der Anforderungen an eine LLUA (Datenanalyse)	C3	[alle Module]	• Präsentation des Einsatzes des <i>Konzepts der Abbildung</i> • Präsentation der Anforderungen • Modellierung mittels Rollen und Use-Cases
Dokumentation der Analyse- und Reflexionsprozesse integrieren	C3	Dokumentation der Datenanalyse	• Verschiedene Arten der Dokumentation erläutert • Struktur, Nutzung und Integration der Dokumentation beschrieben • Schema/Vorlage für die Dokumentation entwickelt
Analysen auswählen	C3	Analysen auswählen	• Analysefragen als Leitbild der Datenanalysen dargestellt • Entscheidungshilfen bereitgestellt • Hinweise zur Formulierung von Analysefragen gegeben • Beispielhafte Ziele und Fragenkatalog bereitgestellt
Datenaufzeichnung integrieren	C3	Daten verstehen und untersuchen	• Hilfestellungen zur Definition der benötigten Daten gegeben • Hilfestellungen zur Erschließung der Datenbasis gegeben
		Daten aufzeichnen	• Abhängigkeiten der Datenaufzeichnung aufgezeigt • Hilfestellungen für die konzeptionelle Integration in die technische Umgebung gegeben • Hilfestellungen für die Kommunikation der Verhaltenskonventionen gegeben
Datenvorverarbeitung und -sammlung integrieren	C3	Daten verstehen und untersuchen	• Hilfestellungen zur Untersuchung der Datenbasis gegeben (Vollständigkeit, Risiken, Qualität)

		Daten vor- verarbeiten und sam- meln	• Allgemeines Vorgehen erläutert • Konkrete Jobs und Transformationen für PDI bereitgestellt • Daten extrahieren, transformieren und laden beschrieben (inkl. Beispiele)
Faktenanalysen integrieren & Verhaltensanalysen integrieren	C3	Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten	• Allgemeines Vorgehen erläutert • Informationen über BI, PM, Darstellungsformen und Werkzeuge zusammengetragen • Konkrete Beispiele für Power BI und Disco bereitgestellt
Interpretation, Kommunikation und Nutzen der Analysen integrieren	C3	Analysen bewerten und interpretieren	• Hinweise zur Sicherstellung von Qualität und Nutzen von Analysen bereitgestellt (inkl. Beispiele) • Hinweise für Interpretationen von Analysen bereitgestellt (inkl. Beispiele)
		Kommunikation und Reflexion	• Hinweise für die Kommunikation bereitgestellt (veröffentlichen, besprechen, Hypothesen untersuchen) • Fragen zur Anregung der Selbstreflexion entwickelt

15.2.1 Unterstützung des Setups

Für diesen Untersuchungskomplex mussten in DA22 und AOSE22WS Setup-Tätigkeiten für die Clients PDI-Client (Spoon), Power BI, Disco, ProM und DBEaver auf den Endgeräten der benutzenden Personen durchgeführt werden.

Während das Setup von Spoon einige Herausforderungen bereithält, ist das Setup der anderen genannten Clients einfach und bedürfen keiner weiteren Erläuterung als jene, die auf den offiziellen Webseiten angegeben sind. Die im Handbuch aufgeführten bzw. verlinkten Instruktionen für die Installation von Spoon unter Windows, Linux sowie MacOS haben sowohl die Veranstaltenden als auch die Teilnehmenden in den beiden Lehrveranstaltungen ausreichend unterstützt. Diese Sammlung an Instruktionen ist über mehrere Lehrveranstaltungen hinweg gewachsen und es konnte beobachtet werden, wie die individuellen Nachfragen der Teilnehmenden bei den Veranstaltenden erheblich abgenommen haben.

Übergreifend wird die Unterstützung des Setups erst in Abschnitt 17.1, S. 411 evaluiert und diskutiert.

15.2.2 Unterstützung der Rechteverwaltung und Konfiguration

Die Rechteverwaltung für PDI-Server, die produktiven Datenbanken sowie das DWH werden vom Rahmenwerk nur rudimentär unterstützt. Das notwendige Wissen darüber, lässt

sich ohne großen Aufwand aus den Dokumentationen der jeweiligen Produkte erschließen, welche im Handbuch verlinkt sind.

Ähnlich verhält es sich mit der Unterstützung für die Konfiguration. Nach dem initialen Setup treten i. d. R. keine Herausforderungen auf, die weiterer Erläuterungen bedürfen.

15.2.3 Unterstützung der Wartung

Während für die Clients prinzipiell nur das Aktualisieren im Kontext der Wartung anfällt, so muss der PDI-Server ebenfalls in das Backup der sonstigen Server-Softwareanwendungen aufgenommen werden.

Die Beschreibung für das Aktualisieren des PDI-Servers, wurde von den AdministratorInnen der beiden Lehrveranstaltungen als hilfreich wahrgenommen. Diese Prozedur beinhaltet nämlich das Editieren einer bestimmten Datei (**Dockerfile**) und das Neubauen des Docker Images. Es kann also kein simples Laden eines neuen Docker Images durchgeführt werden.

15.2.4 Unterstützung des Vorgehens

Die Verfeinerung der Rolle AnalytikerIn und die Entwicklung des Vorgehensmodells hat den Autor dieser Arbeit dabei unterstützt, diesen Untersuchungskomplex systematisch zu schließen und abzugrenzen. Die Entwicklung der LLUA wurde davon konzeptionell und im Entwurf erheblich vorangebracht (die Unterstützung der Entwicklung wird in dem Kapitel „Übergreifende Betrachtung“ (S. 411) näher erläutert und diskutiert).

In DA22 haben die identifizierten Rollen positiv dazu beigetragen, ExpertInnengruppen zu bilden und voneinander abzugrenzen, welche sich in der Phase 1 unterschiedlichen Themen widmeten. Durch die Bereitstellung einer weniger detaillierten Version des hier präsentierten Vorgehensmodells konnte das Verständnis über die Abfolgen, Abhängigkeiten, Schnittstellen und Verantwortlichkeiten der einzelnen Rollen unter den Veranstaltenden und Teilnehmenden geschärft werden, was sich positiv auf die freie Projektarbeit der Teilnehmenden in der Phase 3 ausgewirkt hat.

In den begleitenden Analysen beider Lehrveranstaltungen wurden die Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen ebenfalls durch die verfeinerten Rollen und ihre Beschreibungen unterstützt, um ihre Verantwortlichkeiten und erwarteten Tätigkeiten festzulegen. Der Einsatz des Vorgehensmodells hatte darüber hinaus den Effekt, dass der Datenanalyseprozess sauber durchgeführt wurde und keine kritischen Tätigkeiten (wie z. B. die Risikoanalyse oder die Überprüfung der Qualität der durchgeführten Analysen) vernachlässigt wurden. Die Veranstaltenden konnten sich so mit Hilfe der visuellen Darstellung orientieren.

Es ist anzumerken, dass das Vorgehensmodell in diesem Detailgrad zwar mit den Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen (DA22 und AOSE22WS), aber nicht mit den Teilnehmenden von DA22 erprobt wurde. Dies hat den Hintergrund, dass die aktuelle Fassung erst im Verlauf von DA22 fertiggestellt wurde und zunächst eine Erprobung mit Veranstaltenden vollzogen werden sollte, bevor diese Inhalte in der Lehre eingesetzt werden. Die Auswirkungen der aktuellen Fassung auf die Lehre von Datenanalysen kann hier also nicht beurteilt werden.

Darüber hinaus hat das Arbeiten an den verfeinerten Rollen und besonders an dem Vorgehensmodell den Autor dieser Arbeit dabei unterstützt, die Struktur und geforderten Inhalte der Dokumentation des Analyseprozesses zu entwickeln und zu schärfen.

15.2.5 Unterstützung des Dokumentierens

Die Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen haben den aktuellen Vorschlag für die Vorlage der Dokumentation des Datenanalyseprozesses in den DA22 und AOSE22WS Lehrveranstaltungen erprobt und als nützliches Werkzeug eingestuft. Dazu haben sie das in Confluence angelegte Template verwendet.

Besonders positiv ist dabei aufgefallen, dass die Struktur dem tatsächlichen Vorgehen des Datenanalyseprozesses bzw. dem Vorgehensmodell folgt und so die einzelnen Tätigkeiten in der Dokumentation aufeinander aufgebaut werden können. Außerdem wurde von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, über die Dokumentation die (Zwischen-)Ergebnisse der Tätigkeiten zu verteilen und dadurch anderen Personen zur Verfügung zu stellen. Durch diese transparente Gestaltung konnte – auch zu späteren Zeitpunkten – nachvollzogen werden, wie die Ergebnisse erzeugt worden sind.

Die Vorgabe einer derart detaillierten Dokumentationsstruktur, welche gleichzeitig als Leitfaden eingesetzt werden kann, fördert zwar eine zeitnahe und vollständige Dokumentation, kann aber auch dazu führen, dass die analysierenden Personen sich in der tatsächlichen Arbeit ausgebremst fühlen. Es konnte beobachtet werden, dass paralleles Dokumentieren sowohl von Veranstaltenden als auch von Teilnehmenden häufig als aufwendig empfunden wird, weil es das negative Potenzial besitzt, den Arbeitsfluss zu unterbrechen. Diesem Empfinden kann durch die Stärkung des Bewusstseins darüber entgegnet werden, dass die Dokumentationstätigkeiten ohnehin anfallen sollten und diese zu einem späteren Zeitpunkt selten schneller vollzogen werden können. Dient die Dokumentation darüber hinaus – wie hier vorgeschlagen – als zentraler Ort für den Datenanalyseprozess und dem Austausch der Ergebnisse unter den beteiligten Personen, so kann dies ebenfalls das Bewusstsein über die Notwendigkeit einer zeitnahen Dokumentation steigern.

Die Nutzung einer einheitlichen Dokumentationsstruktur für unterschiedliche Analysen hat außerdem dazu geführt, ein einheitliches Vorgehen zu etablieren, da so die Befolgung des Vorgehensmodells forciert wird. Zusätzlich konnten so einige Abschnitte früherer Dokumentationen übernommen und mussten nicht erneut verfasst werden.

15.2.6 Unterstützung des Formulierens und Auswählens von Analysefragen

Die Erläuterungen und Hinweise, die im Handbuch zusammengestellt sind, haben den Veranstaltenden und Teilnehmenden einen Einstieg in die Formulierung von Analysefragen geboten. Insbesondere die Einnahme der Sichtweise, die Analysefragen als Leitbild der Datenanalyse zu nutzen, hat zu einem zielgerichteten Arbeiten beigetragen. Dazu hat auch die vorgeschlagene Herangehensweise beigetragen, mit groben Analysefragen zu beginnen und diese im Anschluss sukzessive zu verfeinern.

Die Zusammenstellung der beispielhaften Ziele und des Fragenkatalogs dienten den Teilnehmenden von DA22 als Ausgangspunkt für die Vertiefung, bei der ersten nicht von den Veranstaltenden angeleiteten Verfolgung von Analysefragen. Außerdem dienten sie dazu, grundlegende Möglichkeiten der exemplarischen LLUA aufzuzeigen und auf diese Weise die Kreativität zur Formulierung eigener Ziele und Analysefragen anzuregen.

Die Entscheidungshilfen haben die Veranstaltenden dabei unterstützt, ihre Analysefragen auf die Ziele der Lehrveranstaltungen auszurichten. Trotz der bereits hilfreichen Unterstützung wurde es von einigen Teilnehmenden (DA22) und auch von Veranstaltenden (AOSE22WS) als schwierige Aufgabe empfunden, Ziele und Analysefragen zu formulieren. Die Beantwortung der grundlegenden Fragen „Was will ich durch die Analysen herausfinden?“, „Was erhoffe ich mir davon?“ und „Was würde ich bei diesem oder jenem Ergebnis vorschlagen/ändern?“ kann zu Teilen eine größere Herausforderung darstellen als zunächst angenommen. Aus diesem Grund ist diese Aufgabe nicht zu unterschätzen und die bereits vom Rahmenwerk angebotenen Unterstützungen in Zukunft zu verbessern/ergänzen.

15.2.7 Unterstützung des Verstehens und Untersuchens von Daten

Die in das Handbuch integrierten Hilfestellungen zur Definition der benötigten Daten und wie aus diesen ein Datenschema erstellt werden kann, haben den Teilnehmenden von DA22 einen Einstieg in diese nicht einfache Aufgabe geboten. Der vorgeschlagene Ansatz, vor dem Inspizieren der Datenbasis zunächst die benötigten Daten zu definieren, fördert sowohl eine unvoreingenommene Sichtweise als auch anschließend die zielgerichtete Suche nach vorhandenen Daten.

Die Erschließung der Datenbasis, die Auswahl der Daten und die Erstellung eines Datenschemas bleibt – trotz der gegebenen Hinweise – weiterhin eine schwierige Herausforderung. Es konnte beobachtet werden, dass einige Teilnehmende selbst bei einer stark eingeschränkten Datenbasis zunächst Schwierigkeiten haben, die Informationen miteinander zu verknüpfen. Durch die wiederholte Übung im Verlauf der Lehrveranstaltung konnten die Teilnehmenden die gegebenen Hilfestellungen besser verstehen und effektiver einsetzen.

Die Hinweise und besonders das ausführliche Beispiel zur Untersuchung der Risiken der Datenbasis haben dazu beigetragen, die Veranstaltenden und Teilnehmenden für die Wahrung von Datenschutz und Persönlichkeitsrechten zu sensibilisieren.

15.2.8 Unterstützung des Datenaufzeichnens

Da die aufzuzeichnenden Daten höchst individuell sein können, decken die gegebenen Hilfestellungen vorrangig die Themen ab, für die die Veranstaltenden und Teilnehmenden der begleiteten Lehrveranstaltungen erhöhtes Interesse gezeigt haben. Deren Erläuterungen sind im prinzipiellen Bereich zwar als hilfreich eingestuft worden und haben dazu beigetragen, dass Veranstaltende und Teilnehmende die Hintergründe der Datenaufzeichnung besser verstanden haben, beziehen sich im konkreten Bereich jedoch nur auf die exemplarische LLUA. Werden in einer anderen LLUA andere Softwareanwendungen eingesetzt, so müssen die Inhalte übertragend angewendet werden.

Die gegebenen Grundsätze für die Formulierung von Verhaltenskonventionen haben das Bewusstsein der Veranstaltenden dafür gestärkt, den Teilnehmenden nur wirklich gut durchdachte Verhaltenskonventionen aufzuerlegen.

Die Veranstaltenden haben es als positiv wahrgenommen, dass die Erfahrungen in der Kommunikation von Verhaltenskonventionen über die Lehrveranstaltungen hinweg dokumentiert wurden. So konnten sie sich an diesen orientieren und wurden auf z. B. mögliche Reaktionen der Teilnehmenden vorbereitet.

15.2.9 Unterstützung des Datenvorverarbeitens und -sammelns

Da die Ausprägung der Datenvorverarbeitung und -sammlung stark von den zu analysierenden Daten und der eingesetzten Werkzeuge abhängen, sind die allgemeinen Hilfestellungen dazu kurz und leiten vorrangig in das Thema „ETL-Prozess“ ein.

Anschließend werden detaillierte Hinweise für die Verwendung von Spoon gegeben und vollständige Transformationen bereitgestellt, welche durch wenige Anpassungen in einer eigenen, der exemplarischen LLUA ähnlichen, Umgebung ausgeführt und produktiv eingesetzt werden können – vorausgesetzt die Datenquellen sind gleich. Wird in einer anderen LLUA nicht Spoon eingesetzt (bzw. ein nicht mit den Spoon Dateien kompatibles Werkzeug), so können diese Transformationen lediglich als anschauliches Beispiel dienen und dadurch zum Verständnis beitragen.

In den Phasen 1 und 2 von DA22 wurden den Teilnehmenden ähnliche Transformationen bereitgestellt, um ihnen anhand dieser die Implementierung von ETL-Prozessen mittels Spoon zu lehren. Trotz ihrer Komplexität dienen sie also dazu, die grundlegenden Verarbeitungsschritte zu erlernen. Außerdem wurden ähnliche Transformationen für die begleitenden Analysen der beiden Lehrveranstaltungen DA22 und AOSE22WS eingesetzt.

Die konkreten Beispiele für das Extrahieren, Transformieren und Laden der Daten ähneln denen, welche erfolgreich als Lernmaterialien in DA22 eingesetzt wurden.

Mit Hilfe von Spoon konnten die Veranstaltenden und Teilnehmenden eigene ETL-Prozesse implementieren und erfolgreich für ihre Vorhaben einsetzen. So konnten pseudonymisierte, teilweise anonymisierte und bereinigte Daten sowohl für die angestrebten Analysen mittels BI als auch für PM bereitgestellt werden. Besonders für wiederkehrende Analysen, mit welcher eine Lehrveranstaltung begleitet wird, hat sich die geplante automatisierte Ausführung der ETL-Prozesse auf dem PDI-Server als äußerst nützlich erwiesen.

15.2.10 Unterstützung des Analysierens von Fakten, Strukturen und Verhalten

Die im Handbuch bereitgestellten Informationen über das allgemeine Vorgehen sowie die ausgewählten Disziplinen BI und PM sind ein Ausschnitt aus den Lerninhalten, die den Teilnehmenden in DA22 vermittelt bzw. bereitgestellt wurden. Ebenfalls hat sich der Einsatz der zusammengetragenen Lernmaterialien für Power BI, Disco und ProM in mehreren Lehrveranstaltungen bewährt. Diese wurden über die Lehrveranstaltungen hinweg von den Veranstaltenden und Teilnehmenden zusammengestellt. Einige von diesen wurden in DA22 bereits in Phase 1 eingesetzt, und mit dessen Hilfe konnten die Teilnehmenden sich in die Verwendung der genannten Werkzeuge einarbeiten. Die Materialien dienen jedoch auch in späteren Phasen bzw. bei einem höheren Wissensstand als Unterstützung und somit wurden sie auch von den Veranstaltenden und externen AnalytikerInnen von AOSE22WS als hilfreich eingestuft.

Die im Handbuch gegebenen konkreten Beispiele für die Verwendung von Power BI und Disco ähneln stark einigen Inhalten, welche sich die Teilnehmenden von DA22 in Phase 1 selbst bzw. unter Anleitung der Veranstaltenden erarbeiten mussten. Die präsentierten Beschreibungen ähneln einer Lösungsskizze für konkrete ausgewählte Analysen und bieten somit einen adäquaten Einstieg in die Lösung solcher Herausforderungen.

Darüber hinaus werden für Power BI außerdem konkrete Vorlagen (Templates) bereitgestellt, welche direkt eingesetzt werden können. Ähnliche Vorlagen dienten den Veranstal-

tenden und externen AnalytikerInnen in AOSE22WS für die Durchführung der Analysen. Diese Vorlagen wurden in Kooperation und Kollaboration mit dem Autor dieser Arbeit von Dejan Simic im Rahmen seiner Bachelorarbeit [Simic 2023] entwickelt und erprobt.

Um konkrete Beispiele zu geben, wird vorausgesetzt, dass die Daten in der Datenbank und den CSV-Dateien des DWH in einer ähnlichen Form vorliegen, wie in der exemplarischen LLUA. Wenn dies nicht gegeben ist, können die Lösungsansätze und bereitgestellten Power BI Vorlagen dennoch dazu dienen, eigenen ähnlichen Herausforderungen zu begegnen. Um diesen Umstand aufzulösen, könnten in Zukunft beispielhafte Datensätze bereitgestellt werden, mit denen sich die gegebenen Beispiele dennoch oder abgewandelt durchführen ließen.

Die ausgewählten Werkzeuge haben in DA22 und AOSE22WS genügend Unterstützung geboten, um die angestrebten Analysen durchzuführen. Während sich die bereitgestellten Daten in Disco und ProM unverändert zur Durchführung dieser Analysen einsetzen ließen, war es in Power BI zu Teilen notwendig (aufgrund anderer Fragestellungen), weitere Operationen mit einigen Datenfeldern durchzuführen (z. B. die Aggregation eines Zeitstempels, die Berechnung eines frühesten/spätesten Events oder die Ableitung konkreter Wochentage).

Einige dieser Datenvorverarbeitungstätigkeiten sind so speziell für einzelne (Sub-)Analysen, dass davon abgesehen wurde, diese im Datenschema im DWH abzubilden. Häufiger benötigte Vorverarbeitungen gaben einen Hinweis darauf, inwiefern das zu dem Zeitpunkt aktuelle Datenschema erweitert werden sollte und die Operationen in den ETL-Prozess integriert werden sollten. Diese Anforderungen konnten aufgrund der grafischen Modellierung bzw. Implementierung des ETL-Prozesses verständlich umgesetzt werden und somit ergab sich zuweilen ein Wechselspiel aus diesen Bereichen.

15.2.11 Unterstützung des Bewertens und Interpretierens von Analysen

Der Hinweis darauf, wie wichtig die Überprüfung der Qualität der Analysen ist, um die Nutzung fehlerhafter Analysen zu vermeiden, hat in den beiden ausgewählten Lehrveranstaltungen dazu geführt, dass die Veranstaltenden, Teilnehmenden und externe AnalytikerInnen diesem Schritt einen hohen Stellenwert eingeräumt haben.

Die Bewertung der Qualität von Analysen ist eine individuelle Herausforderung, welche sich nur schwerlich ganzheitlich unterstützen lässt. Jedoch ist es gelungen, einen allgemeinen Ansatz zu formulieren, der das Vorgehen der bewertenden Personen in die richtige Richtung leiten kann. In diesem Zuge lassen sich die zusammengestellten Fragen als Werkzeug zur Untersuchung der Qualität einsetzen. Diese haben die Personen in DA22 und AOSE22WS darin unterstützt, verschiedene Facetten zu untersuchen und auf mögliche falsche oder unbeabsichtigte Eigenschaften aufmerksam zu werden.

Die anschließenden konkreten Beispiele vermitteln das Vorgehen und zeigen auf, wie einzelne Darstellungen miteinander in Beziehung gesetzt werden können, um vorhandene Fehler zu identifizieren. Die jeweiligen Handlungsempfehlungen dienen dabei als Lösungsvorschläge.

Es konnte beobachtet werden, dass Personen, welche zuvor eine solche Bewertung vorgenommen haben, bereits bei der Erstellung weiterer Analysen sensibler mit z. B. der Einblendung von Pseudonymen verfahren sind. Auch scheint sich ein Lerneffekt einzustellen, bereits bei der Erstellung von Analysen, diese auf offensichtliche Widersprüche hin zu untersuchen.

Der Vorschlag, die Analysen ausgehend von Analysefragen mit der Absicht Anpassungsvorschläge (für das Verhalten von Personen oder Strukturen und Inhalten von Lehrveranstaltungen) zu formulieren, wurde in DA22 und AOSE22WS als hilfreicher Rahmen für die Interpretation von Analysen empfunden. Zusätzlich hat das vorgeschlagene schrittweise Vorgehen für die Interpretation dazu beigetragen, strukturierte und nachvollziehbare Schlüsse zu ziehen.

Mit Hilfe der gegebenen beispielhaften Interpretationen konnten die Personen in DA22 und AOSE22WS den Umfang der einzelnen Schritte abschätzen und haben aufgezeigt bekommen, dass die entsprechenden Erkenntnisse textuell und verständlich festgehalten werden sollten.

Trotz der bereitgestellten Unterstützung ist die Interpretation von Analysen eine Fähigkeit, die erlernt werden und auf individuelle Situationen unterschiedlich angewendet werden muss. Die bereitgestellten Unterstützungen bieten einen Einstieg und ein Gerüst, an welchem sich die AnalyseevaluatorInnen orientieren können.

15.2.12 Unterstützung des Kommunizierens und Reflektierens der Analyseergebnisse

Das Zusammentragen ausgewählter Erfahrungen in der Kommunikation der Analyseergebnisse hat auf der einen Seite dazu beigetragen, den Reflexionsprozess für diese Tätigkeit unter den Veranstaltenden anzuregen. Auf der anderen Seite haben die konkreten Formulierungen in DA22 und AOSE22WS den Effekt gehabt, die Kommunikationsformen systematisch zu erproben, um daraus Handlungsvorschläge ableiten zu können.

Es wurden zwar nur einige Kommunikations- bzw. Veröffentlichungsformen erprobt und untersucht, jedoch hat dies ausgereicht, um unter diesen in DA22 erhebliche Unterschiede festzustellen (vgl. [Simic 2023]).

Als besonders wichtig haben die Veranstaltenden und Teilnehmenden die Hinweise empfunden, dass die Veröffentlichung von Analyseergebnissen keine unidirektionale Kommunikation (hier ugs. „Einbahnstraße“) ist, sondern mit der Möglichkeit einer Besprechung einhergehen sollte, und dass die Ergebnisse nachvollziehbar veröffentlicht werden sollten. Hinzu kommt der Hinweis darauf, dass während der Besprechung und Untersuchung von Hypothesen die Gefahr existiert, Pseudonyme aufzuschlüsseln. Vorrangig dieser Hinweis hat dazu geführt, dass unter den Veranstaltenden und Teilnehmenden von DA22 ein vorsichtiger Umgang bei der Besprechung etabliert werden konnte.

Die Sammlung der Fragen, welche die Besprechung unterstützen sollen, diente in den ausgewählten Lehrveranstaltungen als Orientierung und Anregung.

Die aktive Selbstreflexion wurde in DA22 und AOSE22WS zwar mündlich angeregt, jedoch wurde zu wenig auf die im Handbuch zusammengetragenen und vorgeschlagenen Fragen hingewiesen. Ähnlich verhielt es sich damit, dass die Veranstaltenden und Teilnehmenden sich die Zeit nehmen sollten, diese Fragen für sich selbst schriftlich zu beantworten. Den Effekt dieser Praktik gilt es somit in Zukunft systematisch zu untersuchen.

15.3 Diskussion der Forschungsfrage 2 und Hypothese 2

Um diesen Untersuchungskomplex abzuschließen, werden in diesem Abschnitt die Forschungsfrage 1 und Hypothese 1 sowie ihre Subfragen bzw. Subhypothesen tabellarisch gegenübergestellt und die in ihrem Kontext erforschten und entwickelten Resultate diskutiert.

Tabelle 15.3: Gegenüberstellung der Forschungsfrage 2 sowie der Hypothese 2.

Forschungsfrage	Hypothese
Wie und womit können die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen beim Reflektieren ihres eigenen Verhaltens und des der anderen Personen mittels Datenanalyse unterstützt werden?	Wenn sich Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten in Projekten der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik einsetzen lassen, dann können diese auch zur Unterstützung der Aufzeichnung, Sammlung und Analyse von Daten praktischer, kooperativer, kollaborativer und verteilter Lehrveranstaltungen eingesetzt werden.

Im Verlauf dieses Forschungsprojekts konnte anhand mehrerer projektbasierter Lehrveranstaltungen gezeigt werden, dass in diesen Veranstaltungen, mittels gängiger Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge, Daten aufgezeichnet, gesammelt und analysiert werden können. Es konnte ein Vorgehen entwickelt werden, mit welchem sich die Veranstaltenden und Teilnehmenden beim Reflektieren ihres eigenen Verhaltens und dem der anderen Personen unterstützen lassen.

Während sich zur Datenaufzeichnung Jira, Confluence und Mattermost als zweckentsprechend hervorgetan haben, konnten die Daten mittels PDI-Client und PDI-Server in Form eines ETL-Prozesses vorverarbeitet und anschließend mittels BI (Power BI) und PM (Disco und ProM) analysiert werden. Es wird angenommen, dass andere Softwareanwendungen, welche die gleichen bzw. ähnliche benötigte Funktionalitäten bereitstellen, eine ebenbürtige Unterstützung bieten können.

15.3.1 Entwicklung von Analysefragen

Tabelle 15.4: Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Entwicklung von Analysefragen“.

Forschungsfragen	Hypothesen
Was wollen Veranstalter*innen und Teilnehmende in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen in Bezug auf die Strukturen dieser sowie das Verhalten der Personen untersuchen?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen interessiert sich der Großteil der Veranstalter*innen/Teilnehmenden für die Verbesserung der Lehr- und Lernumgebung, der Reihenfolge der Lerninhalte und des Verhaltens beim selbstbestimmten sowie kollektiven Lehren und Lernen.
Was kann in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen in Bezug auf die Strukturen dieser sowie das Verhalten der Personen untersucht werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen lassen sich Fakten, Strukturen, Verhalten und soziale Interaktionen zwischen den Personen untersuchen.

Wie bereits in Abschnitt 15.2.6 erwähnt, ist die Auswahl der Analysefragen keine zu unterschätzende Herausforderung. Dennoch haben sich im Laufe dieses Forschungsprojekts unterschiedlichste Interessen herausgebildet bzw. identifizieren lassen, sodass diese hier nicht in Gänze präsentiert werden können.

Allgemein konnte beobachtet werden, dass die Veranstalter*innen ein höheres Interesse an Analysen haben, die darauf abzielen, die Struktur und Inhalte der Lehrveranstaltung zu verbessern, als die Teilnehmenden. Ähnlich verhält es sich mit allgemeinen Analysen, die den Umfang an verbrachter Arbeitszeit untersuchen. Werden diese konkreter, indem zum Beispiel analysiert wird, wie viel Zeit für welche Aktivitätstypen aufgewendet wurde, so steigt auch das Interesse der Teilnehmenden für derartige Analysen.

Die Veranstalter*innen interessieren sich dafür, inwiefern die bereitgestellte Lernumgebung verwendet wird und ob die einzelnen Softwareanwendungen wie beabsichtigt und nach ihren Vorstellungen benutzt werden. Dabei geht es ihnen auf der einen Seite darum, dass die Teilnehmenden die angestrebten Verhaltensweisen erlernen und auf der anderen Seite wie sie die Lernumgebung adäquater gestalten können. Letzteres scheint bei dem Großteil der Teilnehmenden nicht im Fokus ihres Interesses zu liegen.

Die Teilnehmenden interessieren sich besonders für soziale Strukturen, also z. B. wer mit wem zusammenarbeitet (*working together*) bzw. wer wem Arbeit übergibt (*handover*), das Kommunikationsverhalten und, wie oben bereits erwähnt, wie viel Zeit für einzelne Aktivitätstypen investiert wird. Sie interessieren sich darüber hinaus für die Unterschiede im Verhalten der einzelnen Teams und ob Teilnehmende bei wiederkehrenden Aufgaben im Verlauf der Lehrveranstaltung schneller werden. Bei den Veranstalter*innen ist für solche Analysefragen ebenfalls ein hohes Interesse zu verzeichnen. Darüber hinaus interessiert

sie in den Unterschieden der Teams z. B. besonders, wie viele Tickets innerhalb bestimmter Zeiträume erstellt und abgeschlossen werden oder inwiefern die Dokumentation der Tätigkeiten (zeitnah) vollzogen wird.

All die oben genannten Untersuchungsgebiete (und weitere) ließen sich mit Hilfe der exemplarischen LLUA in den untersuchten Lehrveranstaltungen mittels Datenanalysen betrachten.

Was in projektbasierten Lehrveranstaltungen nicht untersucht werden kann, ist schwierig einzuschätzen und durch unterschiedliche Grenzen limitiert, wie z. B. Datenschutz und Persönlichkeitsrechte, Fähigkeiten und Ressourcen der technischen sowie der menschlichen Umgebung. Einige in der exemplarischen LLUA bisher nicht durchgeführte bzw. nicht mögliche Analysen werden auf Seite 397 besprochen.

15.3.2 Ermöglichung der Datenaufzeichnung

Tabelle 15.5: Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Ermöglichung der Datenaufzeichnung“.

Forschungsfragen	Hypothesen
Wie können Daten in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen aufgezeichnet werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können Veranstalter/Teilnehmende Daten durch die Nutzung technischer Projektmanagements- und Kommunikationsinfrastrukturen aufzeichnen lassen.
Welche Daten müssen zu welchem Zweck in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen aufgezeichnet werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen müssen z. B. zur Untersuchung des Verhaltens <i>eventbasierte</i> Daten erfasst werden.

Zunächst konnte gezeigt werden, dass sich in projektbasierten Lehrveranstaltungen Daten durch die Nutzung der technischen Projektmanagements- und Kommunikationsinfrastrukturen Daten so aufzeichnen lassen, dass sie für die Durchführung einiger Datenanalysen eingesetzt werden können (vgl. Kapitel 16). Im Kontext dieses Forschungsprojekts wurden keine Versuche unternommen, Daten aufzuzeichnen und für Analysen zu verwenden, die über die Nutzung einer solchen technischen Umgebung hinausgehen (ausgenommen sind hier durchgeführte Umfragen).⁷

Voraussetzung für die Aufzeichnung von Daten mit der technischen Umgebung ist, dass diese von den Veranstaltenden und Teilnehmenden entsprechend oder wie vereinbart ge-

⁷Zum Beispiel sollten die Teilnehmenden der begleiteten Lehrveranstaltungen nicht festhalten, wo sie sich zum Zeitpunkt der Bearbeitung von Aufgaben befunden haben und mit wem sie ggf. in einem physikalischen Raum zusammengearbeitet haben.

nutzt wird. Das Maß und die Sorgfalt bei der Nutzung beeinflussen außerdem die Datenqualität und inwiefern die Daten tatsächlich die Realität abbilden.

Darüber hinaus müssen die Daten in einer verarbeitbaren Form und z. B. nicht in einem binären oder proprietären Format gespeichert werden. Während die Softwareanwendungen ihre Daten i. d. R. in Datenbanken speichern, werden von Webservern vorrangig Zugriffs-Logs aufgezeichnet.

Prinzipiell lassen sich im Kontext dieses Forschungsprojekts zwei Formen der Datenaufzeichnung bzgl. BenutzerInneninteraktionen in projektbasierten Lehrveranstaltungen beschreiben: die automatisierte und die manuelle Form. Zu den automatisiert aufgezeichneten Daten zählen hier diese, die bei der Verwendung der technischen Umgebung ohnehin anfallen, weil diese z. B. für die grundlegende Funktionalität der jeweiligen Softwareanwendung benötigt wird. Diese liegen in strukturierter Form (s. Abschnitt 2.3.3, S. 24) vor und werden z. B. in der Datenbank einer Softwareanwendung hinterlegt. Beispiele dafür sind das Anlegen und Pflegen von Issues und die Zuweisung von Personen zu Projekten in Jira sowie die dabei auftretenden Events oder die Nachrichtenkommunikation via Mattermost. Die manuell aufgezeichneten Daten können in semi- oder unstrukturierter Form vorliegen und sind vorrangig die (Freitext)Inhalte (z. B. Namen, E-Mail-Adressen, Titel, Texte und Freitext Labels), die von den BenutzerInnen erstellt werden.

Die Vergabe von Labels (für z. B. Issues in Jira oder Pages in Confluence) ist ein gutes Beispiel dafür, wie die Datenaufzeichnung mittels BenutzerInneninteraktionen behandelt werden sollte. Dient die Vergabe alleinig der Datenanalyse bzw. vereinfacht sie diese, weil dadurch z. B. Pages thematisch zugeordnet werden können, so ist dies eine manuelle Tätigkeit, die für die BenutzerInnen zunächst keinen Mehrwert bietet. Werden die Labels jedoch auch dafür genutzt, eine solche thematische Zuordnung in Confluence z. B. über Spaces hinweg zu realisieren und erhalten so die BenutzerInnen die Möglichkeit, alle relevanten Informationen zu einem Thema schnell aufzufinden, bietet ihnen das einen Mehrwert. Manuelle Eingaben, die alleinig der Datenanalyse dienen, sollten vermieden bzw. nur in wenigen Fällen mit gut begründeten Absichten eingesetzt werden.

Der Zweck für die Aufzeichnung konkreter Daten kann vielseitig sein und somit kann hier nicht ausführlich dargestellt werden, welche Daten zu welchem Zweck aufgezeichnet werden müssen. Dennoch werden hier basierend auf den unterschiedlichen Datenarten (s. Abschnitt 2.3.3, S. 24) einige Beispiele aus der Praxis gegeben.

Um zu analysieren, wie viel Arbeitszeit ein Team insgesamt mit Meetings verbracht hat, ist es sinnvoll, bei der Buchung der Arbeitszeit den Aktivitätstyp mit aufzuzeichnen – in diesem Fall *Meeting*. Zu diesem Zweck müssen also Referenzdaten bekannt sein und ihre Verwendung aufgezeichnet werden. Gleiches gilt z. B. auch für die unterschiedlichen Issue-Typen (Epic, Task, Sub-Task usw.). Soll außerdem berechnet werden, wie viel Arbeitszeit im Durchschnitt für ein solches Meeting benötigt wurde, so werden zusätzlich die Inventardaten benötigt, wie viele Meetings das Team insgesamt durchgeführt hat.

Damit in dieser Analyse nach einem Team gefiltert werden kann, könnten Strukturdaten darüber aufgezeichnet werden, zu welchem Projekt die einzelnen Arbeitszeitbuchungen gehören. Eine andere Möglichkeit, diese Verknüpfbarkeit zu realisieren, wäre die Aufzeichnung, welche Person die Zeitbuchung vorgenommen hat (Transaktionsdaten) und zu welchem Team diese Person gehört.

Transaktionsdaten (bzw. Events) werden z. B. auch dafür benötigt, wenn das Verhalten der Personen genauer untersucht werden soll. In diesem Beispiel könnte untersucht

werden, welche Aktivitäten während des Meetings (zwischen Start- und Endzeit) von den beteiligten Personen in der technischen Umgebung aufgezeichnet wurden.

15.3.3 Umsetzung der Datenanalyse

Tabelle 15.6: Gegenüberstellung der Subforschungsfragen sowie der -hypothesen für den Bereich „Umsetzung der Datenanalyse“.

Forschungsfragen	Hypothesen
Welche Disziplinen der Datenanalyse können für die Analyse von praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können die Veranstaltenden/Teilnehmenden für die visuelle Analyse von Fakten, Strukturen und Verhalten die beiden Disziplinen <i>Business Intelligence</i> und <i>Process Mining</i> einsetzen.
Welche Techniken können für die Visualisierung der Daten von praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen können zur Visualisierung der Daten gängige Datendiagramme und Prozessdarstellungen eingesetzt werden.
Wie unterscheiden sich die Anforderungen an Analysen und Visualisierungen für Veranstaltende und Teilnehmende in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen unterscheiden sich die Anforderungen an die Analysen und Visualisierungen der Veranstaltenden und Teilnehmenden voneinander. Die Veranstaltenden präferieren globale Analysen und Visualisierungen. Demgegenüber bevorzugen die Teilnehmenden <i>Ich-zentrierte</i> Analysen und Visualisierungen.
Wie lassen sich trotz einer Analyse von Daten Datenschutz und Persönlichkeitsrechte in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen wahren? Wie lassen sich Daten für diesen Zweck geeignet pseudonymisieren bzw. anonymisieren?	In praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen lässt sich die Einhaltung von Datenschutz und Persönlichkeitsrechten durch eine im Datenanalyseprozess frühzeitige Risikoanalyse unterstützen.

Mit den, durch die Hypothesen für dieses Forschungsprojekt abgezielten, Datenanalyse-disziplinen BI und PM konnten im Kontext von projektbasierten Lehrveranstaltungen Fakten, Strukturen und das Verhalten der Veranstaltenden und Teilnehmenden untersucht

werden. Außerdem konnten beide erfolgreich zur Lehre von grundlegenden Datenanalyseprinzipien eingesetzt werden.

Es konnte beobachtet werden, dass die Anwendung von BI-Analysen auf die in projektbasierten Lehrveranstaltungen gesammelten Daten von den Veranstaltenden und Teilnehmenden insgesamt einfacher bzw. schneller erlernt werden konnten. Dies gilt besonders für die Interpretation. Zum einen scheint es daran zu liegen, dass die angestrebten Darstellungen einfacher zu definieren sind und das Ergebnis so entsprechend den Vorstellungen bzw. Zielen ausgerichtet werden kann. Außerdem lassen sich (in Power BI) die betrachteten Dimensionen eines Diagramms einfach anpassen und filtern, so kann sich sukzessive dem angestrebten Ergebnis angenähert werden.

Im PM wurde bereits die Definition von *Cases* und *Activities* beim Import der Daten als Herausforderungen bewertet. Diese wird zunehmend erschwert, wenn aufgrund der verfolgten Analysefrage z. B. mehrere Datenspalten kombiniert werden müssen, um die entsprechenden Cases und Activities zu definieren. Zusätzlich wurde die Interpretation der geschürften (engl. *mined*) Prozesse als schwieriger empfunden als die BI-Diagramme. Ein Grund dafür könnte sein, dass in den meisten BI-Analysen pro Diagramm weniger Dimensionen betrachtet werden müssen als im PM.

Insgesamt kann der Einsatz von BI und PM als positiv bewertet werden. Die Kombination beider Disziplinen ermöglicht es, sowohl absolute Werte darzustellen und zu untersuchen als auch Abfolgen von Tätigkeiten. Durch die unterschiedlichen Perspektiven lassen sich die Ergebnisse z. B. miteinander vergleichen und kontrollieren oder bestimmte Sachverhalte geeignet untersuchen. Als kurzes Beispiel lässt sich hier die Untersuchung der Statusübergänge der Jira Issues anführen. Mittels BI lässt sich z. B. das Setzen der Status nach Wochentag und Uhrzeit kompakt und übersichtlich darstellen (s. Abbildung 15.1). Es ist jedoch nicht ersichtlich, aus welchem Status heraus der folgende Status gesetzt wurde, wie viel Zeit zwischen den Status vergangen ist und wie häufig jeder Statusübergang vollzogen wurde. Dies lässt sich wiederum einfach mittels PM untersuchen (s. Abbildung 15.2). Andersherum lässt sich in der PM-Analyse nicht erkennen, zu welchen Tageszeiten sich die Statusübergänge häufen.

Eine andere als hier abgebildete Kombination von BI- und PM-Analysen hat in der Lehrveranstaltung AOSE22WS z. B. gezeigt, dass die Statusübergänge in der BI-Analyse keine Auffälligkeiten aufzeigten und sowohl die Anzahl als auch die Verteilung über die Zeit als gut bewertet wurden. In der PM-Analyse wurden jedoch im Median zu kurze Statusübergänge identifiziert (*To Do* nach *In Progress*: 2 min; *In Progress* nach *Done*: 2,6 min).

Praktisch ist, dass beide Disziplinen in leicht abgewandelter Form (relationale vs. flache Tabellen) die gleiche Datenbasis nutzen können. Während z. B. Zeitstempel für PM essenziell sind, dienen sie in BI u. a. dazu, die vorliegenden Daten nach bestimmten Zeiträumen zu filtern oder wie oben gezeigt, ihre Entstehung Wochentagen und Uhrzeiten zuzuordnen.

Andere Analysedisziplinen wurden im Kontext dieses Forschungsprojekts nicht erprobt und somit lassen sich keine Vergleiche herstellen (vgl. Abschnitt 10.4.8). Weitere Überlegungen sind dazu in dem Ausblick dieser Arbeit angeführt (s. Kapitel 22).

Die Hypothese, dass gängige Datendiagramme und Prozessdarstellungen für die Visualisierung der Daten in projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden können, konnte bestätigt werden. Aus dem Kontext dieses Forschungsprojekts ist keine Situation bekannt, in welcher die in Power BI, Disco und ProM zur Verfügung stehenden Visuali-

sierungen nicht ausgereicht haben, um einen Sachverhalt wie gewünscht zu untersuchen. Somit mussten keine neuen Darstellungen entwickelt werden.

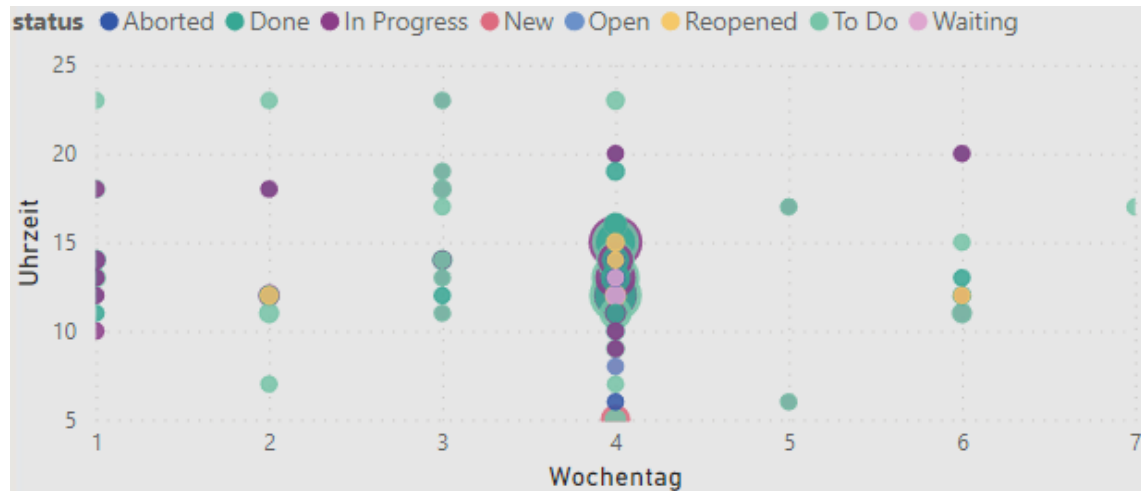


Abbildung 15.1: Punktplotdiagramm zur Untersuchung des Setzens der Status von Jira Issues nach Wochentag und Uhrzeit. Die Wochentage sind von Montag (1), bis Sonntag (7) durchnummeriert. Die Größe der Kreise symbolisiert die Häufigkeit des Setzens eines Status in dem Zeitraum einer Stunde.

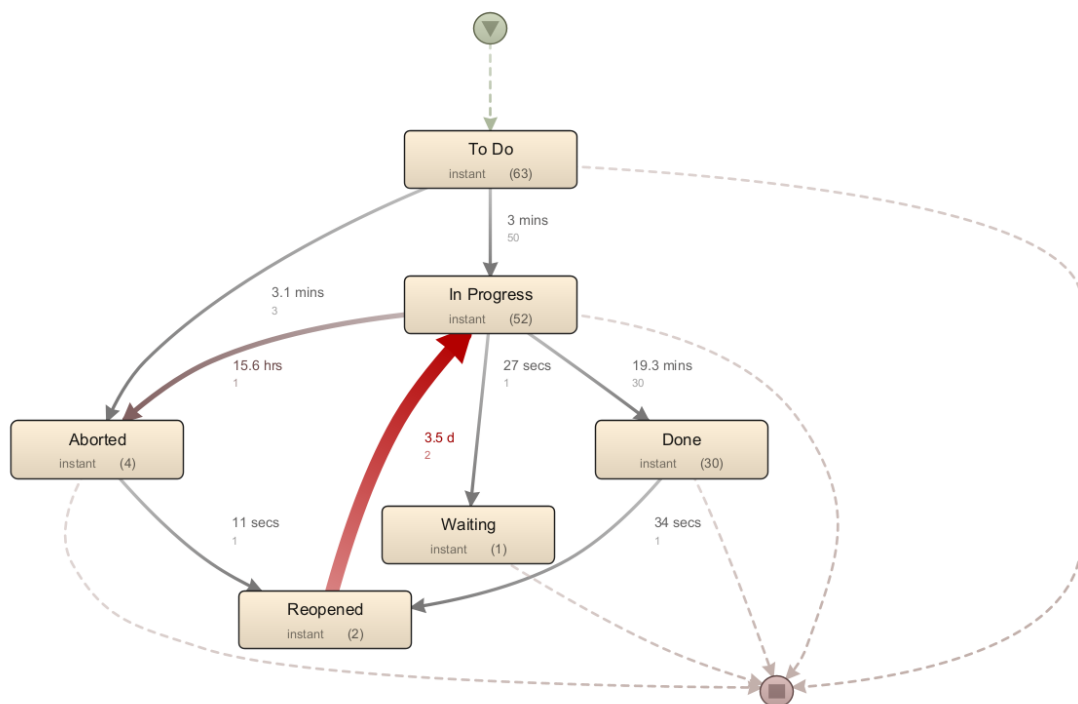


Abbildung 15.2: Prozess zur Untersuchung der Statusübergänge nach Zeit (median; obere Zahl an den Pfeilen) und absoluter Häufigkeit (untere Zahl an den Pfeilen). Case: Jira Issue, Activity: Status.

Die Annahme, dass Veranstaltenden und Teilnehmenden in Teilen unterschiedliche Anforderungen an die Analysen insbesondere an die Sicht auf die Daten haben, konnte zwar durch Befragungen gefestigt, deren Umsetzung und zu beobachtenden Auswirkungen jedoch nicht untersucht werden. Aufgrund der Entscheidung, ausschließlich pseudonymisierte Daten zu analysieren und den Personen ihr eigenes Pseudonym nicht mitzuteilen, war es nicht möglich, den Teilnehmenden *Ich-zentrierte* Auswertungen bereitzustellen. Zwar haben einige Teilnehmenden darum gebeten, ihr eigenes Pseudonym mitgeteilt zu bekommen, jedoch haben die Veranstaltenden sich u. a. aus den folgenden Gründen dagegen entschieden:

- Mithilfe des eigenen Pseudonyms lassen sich leichter die Pseudonyme anderer Teilnehmenden erraten. Insbesondere derer, mit denen man eng zusammenarbeitet.
- Das Wissen über das eigene Pseudonym hätte möglicherweise einen Vorteil gegenüber denen ergeben, die ihr eigenes Pseudonym nicht gekannt hätten, da noch konkreter auf die Datenanalysen reagiert werden hätte können. Wenn also eine Person ihr Pseudonym erfahren hätte, hätten alle Personen ihres erhalten müssen, um die Chancengleichheit zu wahren.
- Die Gefahr, dass einzelne Teilnehmende die Pseudonyme untereinander austauschen und in diesem Zuge nicht diskret genug mit den Pseudonymen anderer umgehen, wurde als vorhanden eingestuft.

Die Integration der Einhaltung ethischer Richtlinien sowie der Wahrung von Datenschutz und Persönlichkeitsrechten in eine LLUA ist nicht Forschungsgegenstand dieses Forschungsprojekts. Dennoch wurden etwaige Ansätze verfolgt, Risiken in diesem Themenkomplex zu berücksichtigen. Die in dieser Arbeit und im Handbuch gegebenen Hinweise sind nicht als Forschungsergebnisse, sondern als eine Weitergabe von Erfahrungen zu werten.

Die Pseudonymisierung und Anonymisierung der Daten wird als der zentrale Schritt bewertet, um die Einhaltung des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte der Personen zu unterstützen, deren Daten untersucht wurden. Dies konnte erreicht werden, indem die Risikoanalyse frühzeitig im Datenanalyseprozess angesiedelt wurde (vgl. „Modul: Vorgehensmodell für die Datenanalyse“ (S. 285)). Um auch den Teilnehmenden der *Data Analytics* (DA) Lehrveranstaltungen die Daten zu Lehr- und Lernzwecken zur Verfügung stellen zu können, war es außerdem notwendig, diese Daten zu pseudo- und anonymisieren, bevor die Teilnehmenden die Daten aus den Quelldatenbanken extrahierten (s. Seite 352).

Ein weiterer wichtiger Aspekt zur Unterstützung der Wahrung des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte war die Sensibilisierung der Personen, die an den Besprechungen der Analysen teilgenommen haben, hingehend dessen, dass durch bestimmte Nachfragen oder Wortmeldungen das Pseudonym der Personen offenbart werden könnte. Dazu haben u. a. die im Handbuch zusammengestellten Hinweise und Ermahnungen beigetragen, welche i. d. R. vor einer solchen Besprechung vorgetragen wurden.

15.4 Zusammenfassung

Wie bereits in dem vorangegangenen Kapitel haben hier die beiden projektbasierten Lehrveranstaltungen DA22 (s. Abschnitt 2.6.3) und AOSE22WS (s. Abschnitt 2.6.2) als Fallbeispiele gedient. Anhand dieser wurde der Einsatz der exemplarischen LLUA im Bereich

der Datenanalyse präsentiert und ihre Unterstützung diskutiert. Die Datenaufzeichnung konnte mit Jira, Confluence und Mattermost zweckentsprechend durchgeführt werden. Zur visuellen Entwicklung und automatisierten Ausführung von ETL-Prozessen haben sich der PDI-Client bzw. der PDI-Server als hilfreiche und gut bedienbare sowie erlernbare Werkzeuge herausgestellt. Mittels dieser konnten die Daten mit vertretbarem Mehraufwand sowohl für die Analyse mittels *Business Intelligence* (BI) (Power BI) als auch mittels *Process Mining* (PM) (Disco und ProM) vorbereitet werden. Darüber hinaus konnte anhand des Beispiels von Statusübergängen der Jira Issues gezeigt werden, dass sich die beiden Analysedisziplinen BI und PM sinnvoll ergänzen können.

Das vom Rahmenwerk für diesen Untersuchungskomplex angebotene Vorgehensmodell hatte eine positive Effekte auf den Datenanalyseprozess und betonte nicht zu vernachlässigende Abschnitte, wie z. B. die Risikoanalyse. Diese Effekte konnten durch das vorgegebene Dokumentationsschema gestärkt und dadurch ein einheitliches Vorgehen forciert werden. Die in das Rahmenwerk integrierten Informationen, Anleitungen und Hinweise für die einzelnen Tätigkeitsbereiche des Vorgehensmodells haben dazu beigetragen, Wissen auszutauschen und die DatenanalytikerInnen für kritische Abschnitte zu sensibilisieren.

16 Bewertung des Potenzials von Datenanalysen

Dieser Untersuchungskomplex wird von der Forschungsfrage 3 sowie ihren Subforschungsfragen (s. Abschnitt 4.1) aufgespannt und anhand der Hypothese 3 sowie ihren Subhypothesen (s. Abschnitt 4.2) ausgerichtet. In diesem Kapitel werden die erreichten Ergebnisse in Bezug auf diese Forschungsfragen und Hypothesen diskutiert. Unter anderem, um diese zu erforschen, wurden von neun projektbasierten Lehrveranstaltungen¹ (s. Abschnitt 2.6.2 und 2.6.3) Daten mittels der – sich in der Entwicklung befindlichen – exemplarischen LLUA aufgezeichnet und analysiert. In diesem Kapitel werden die dabei gewonnenen Erkenntnisse sowie ausgewählte Datenanalysen und ihre Auswirkungen präsentiert und diskutiert. Die Struktur lehnt sich dabei an die Forschungsfrage 3 und ihrer Subforschungsfragen sowie an die Hypothese 3 und ihre Subhypothesen an.

Tabelle 16.1: Gegenüberstellung der Forschungsfrage 3 sowie der Hypothese 3.

Forschungsfrage	Hypothese
Inwiefern kann die Datenanalyse für die agierenden Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen einen Mehrwert bieten?	Wenn die Analyse von Projekten in der Wirtschaft, der Wissenschaft und in Behörden im Kontext der Informatik die beteiligten Personen dabei unterstützt, ihr eigenes Handeln und das der anderen zu reflektieren, dann unterstützt sie auch die beteiligten Personen in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen. Diese Reflexion unterstützt sie darin, ihr eigenes Handeln anzupassen sowie die Lehrveranstaltung und die technische Lehr- und Lernumgebung gewinnbringend umzugestalten.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden ausschließlich teilweise anonymisierte und vollständig pseudonymisierte Daten für die Analysen verwendet. Aus diesem Grund ist die Bewertung des Potenzials der Datenanalysen für projektbasierte Lehrveranstaltungen unter dieser Einschränkung zu lesen. Dennoch konnten Analysen durchgeführt und in einer Form veröffentlicht und kommuniziert werden, dass die Veranstaltenden und Teilnehmenden dabei unterstützt wurden ihr Verhalten zu reflektieren und (partiell) anzupassen. Die Veranstaltenden wurden darüber hinaus darin unterstützt, ihre Lehrveranstaltungen sowie

¹PM19, PM20, PM20WS, PM21, DA22, AOSE21, AOSE21WS, AOSE22, AOSE22WS

die verwendete Lehr- und Lernumgebung besser an die eigenen Ziele und die Bedürfnisse der nutzenden Personen anzupassen. So konnten u. a. unbeabsichtigte Schwierigkeiten, Hindernisse und blockierende Abhängigkeiten identifiziert und adressiert werden. Darüber hinaus war es möglich, konkrete Anpassungsvorschläge in Bezug auf das Verhalten der Personen zu geben. Dadurch konnten diese bei dem Erlernen der angestrebten Verhaltensweisen gefördert werden (vgl. [Simic 2023; Simic u. a. 2023]).

Die Erfahrung aus den Lehrveranstaltungen hat gezeigt, dass im Kontext der Bewertung des Potenzials von Datenanalysen nicht früh genug auf einhergehende Risiken und Gefahren hingewiesen werden kann.

Die Veranstaltenden sollten penibel darauf achten, dass die Teilnehmenden nicht den Eindruck vermittelt bekommen, sie würden durch die Datenanalysen in ihrem Verhalten *kontrolliert*. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass eine verantwortungsbewusste Datenanalyse gefördert wird und den Teilnehmenden die Absichten dieser erläutert werden (s. Seite 307 und im Handbuch²). Hätten die Teilnehmenden dennoch einen solchen Eindruck, könnten sie sich weigern die entsprechende Projektmanagement- und Kommunikationsinfrastruktur zu nutzen. So würden sie möglicherweise nicht von der gebotenen Unterstützung der Datenanalyse profitieren und das vorherrschende Klima in der Lehrveranstaltung könnte dem Lernerfolg schaden.

Auf der anderen Seite könnte ein solcher Eindruck dazu führen, dass einige der Daten absichtlich gefälscht werden. Sind solche Fälschungen nicht zu identifizieren, sind die aufgezeichneten Daten wertlos bzw. deren Analysen würden zu falschen Schlüssen führen. Als Beispiel, welches in einigen der untersuchten Lehrveranstaltungen beobachtet werden konnte, ist die Buchung der Arbeitszeit zu nennen. Wird von den Veranstaltenden eine bestimmte Arbeitszeit vorgegeben, die am Ende der Lehrveranstaltung zum Bestehen erreicht werden muss, so birgt dies das Risiko, dass die Teilnehmenden mehr Zeit buchen, als sie tatsächlich gearbeitet haben, oder sogar ganze Zeitbuchungen fälschen.

Wie bereits an mehreren Stellen dieser Arbeit und auch im Handbuch erwähnt, birgt die Datenanalyse die Gefahr, den Datenschutz und Persönlichkeitsrechte zu verletzen. Auch wenn diese Hinweise in keiner Form eine rechtliche Beratung darstellen, so soll trotzdem auf besondere Gefahren hingewiesen werden, wie dies z. B. im Kontext der Untersuchung der Qualität von Analysen (s. Seite 350) oder der Aufschlüsselung von Pseudonymen bei der Besprechung von Analysen bereits erfolgt ist (s. Seite 249).

Eine weitere Quelle für Gefahren sind fehlerhafte Analysen. Es ist leicht, den Visualisierungen der Daten zu vertrauen und daraus (potenziell falsche) Schlüsse zu ziehen. Das Risiko ist besonders hoch, wenn dadurch zuvor aufgestellte Hypothesen bestätigt werden. Fehlerhafte Analysen führen zu fehlerhaften Interpretationen und diese können zu einer falschen Betrachtung der Realität führen. Daraus können Situationen entstehen, die negative Effekte auf die Lehrveranstaltung und die beteiligten Personen haben. Aus diesem Grund wird hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass alle Analysen kritisch auf ihre Richtigkeit hin zu untersuchen sind.

²https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/#verantwortungsbewusste_datenanalysen, besucht am 31.01.2024

16.1 Abschätzen des Mehrwerts und der Auswirkungen

In diesem Abschnitt werden ausgewählte Erfahrungen präsentiert, die zeigen sollen, welchen Mehrwert und welche Auswirkungen das Analysieren von Daten projektbasierter Lehrveranstaltungen haben kann.

Mit der Unterstützung der aus den Datenanalysen gewonnenen Informationen konnten die Veranstaltenden zusammen mit den Teilnehmenden der oben genannten neun Lehrveranstaltungen u. a.

- Probleme, Unklarheiten und Engpässe identifizieren,
- die Lehrveranstaltung selbst zielgerichtet umstrukturieren,
- die technische Umgebung an die Bedürfnisse der Personen anpassen,
- eine iterative Arbeitsweise fördern und
- auf möglicherweise hilfreiche KommunikationspartnerInnen hinweisen.

Die Teilnehmenden wurden darüber hinaus u. a. darin gefördert, Verhaltensweisen für das Projektmanagement einzuüben und ihre Nutzung der bereitgestellten Werkzeuge zu verbessern. Sie haben einen Überblick der Tätigkeiten und des zeitlichen Aufwands aller erhalten und wurden so dabei gefördert, ihr eigenes Engagement in Bezug auf das der anderen Teilnehmenden einzuordnen.

Dies konnte erreicht werden, indem konkrete Anpassungsvorschläge auf der Grundlage der Datenanalysen formuliert wurden. Außerdem konnten deren Auswirkungen mittels Datenanalyse untersucht werden [Simic 2023; Simic u. a. 2023].

Neben konkreten Auswirkungen auf die jeweiligen Lehrveranstaltungen wurden die Veröffentlichung und Besprechung der Analyseergebnisse als eine Förderung der Transparenz in der Benotung bewertet. Dadurch, dass die Teilnehmenden ihr eigenes Verhalten in die Analyseergebnisse einordnen konnten (trotz pseudonymisierter Analysen), bekamen sie die Möglichkeit, ihr Verhalten ins Verhältnis zu dem der anderen zu setzen. Natürlich können sie keine konkrete Note ableiten, jedoch kann Teilnehmenden bewusst werden, dass wenn sie z. B. erheblich weniger Zeit investiert und weniger Tätigkeiten durchgeführt haben, als viele ihre KommilitonInnen, ihre Note unter dem Durchschnitt liegen könnte.

Hinzu kommt, dass durch die begleitende Durchführung von Analysen bei einigen Veranstaltenden und Teilnehmenden die Datenkompetenz (engl. *Data Literacy*) gefördert werden konnte. Die Veranstaltenden und Teilnehmenden müssen sich auf der einen Seite kritisch damit auseinandersetzen, welche Daten sie sammeln, wie sie diese verwalten und wie sie die Analyseergebnisse bewerten und nutzen wollen. Auf der anderen Seite werden sie darin sensibilisiert, welche Daten von ihnen durch die Benutzung technischer Umgebungen auf welche Weise aufgezeichnet werden (können).

Darüber hinaus kann die Datenanalyse dazu beitragen, das *Konzept der Abbildung* (s. Abschnitt 10.2.3, S. 220) zu unterstützen, indem neue Ziele, Herausforderungen sowie Lösungsstrategien identifiziert und auf dieser Basis neue Anforderungen an die technische und menschliche Umgebung definiert werden können.

16.1.1 Ausprägung von Analysefragen

Tabelle 16.2: Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Ausprägung von Analysefragen“.

Forschungsfrage	Hypothese
Wie sollten Analysefragen geartet sein, damit ihre Untersuchung einen Mehrwert bieten kann?	Die Analysefragen sollten auf die individuellen Ziele der Lehrveranstaltung sowie der Veranstaltenden und Teilnehmenden ausgerichtet sein.

In diesem Forschungsprojekt wurden deskriptive, sondierende, schlussfolgernde und ursächliche Analysefragen erprobt (vgl. Seite 26). Ob sich in den untersuchten projektbasierten Lehrveranstaltungen ein Mehrwert eingestellt hat (über die Erfüllung persönlicher Interessen hinaus), wurde jedoch weniger von der Art der Analysefrage als von ihrer Formulierung und Ausrichtung beeinflusst.

Es hat sich als hilfreich herausgestellt, zunächst den Stellenwert der Analysefragen zu betonen. Es ist empfehlenswert, die Analysefragen als Leitbild für die gesamte Datenanalyse zu nutzen und ihrer Formulierung besondere Beachtung zu schenken. Um eine Analysefrage mit Mehrwert zu formulieren, sollte ihr Ziel bzw. die zu untersuchende Hypothese, wie bereits in der Subhypothese oben angenommen, auf die Ziele der Lehrveranstaltung und ihrer Beteiligten ausgerichtet sein. Allgemein wurde es als einfacher empfunden, mit groben Analysefragen zu starten und diese iterativ zu verfeinern, anstatt die Datenanalyse mit detaillierten Analysefragen zu beginnen.

16.1.2 Beispielhafte Analysen und Auswirkungen

Tabelle 16.3: Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothesen für den Subbereich „Beispielhafte Analysen und Auswirkungen“.

Forschungsfrage	Hypothesen
Welche Auswirkungen können die Analysen auf die Struktur der Lehrveranstaltung bzw. die Struktur und das Verhalten der Veranstaltenden/Teilnehmenden haben?	Die Analyseergebnisse unterstützen die Veranstaltenden dabei, die Reihenfolge von Lerninhalten und Aufgaben zu verbessern und aufeinander abzustimmen. Die Analyseergebnisse unterstützen die Veranstaltenden dabei, kritische Abschnitte und Hürden im Lernprozess der Teilnehmenden zu identifizieren, die gehäuft zur Prokrastination oder einem Abbruch der Lehrveranstaltung der Teilnehmenden führen.

Die Analyseergebnisse unterstützen die Veranstaltenden und Teilnehmenden dabei, die Nutzung der Werkzeuge und Materialien zu reflektieren und diese zielgerichtet einzusetzen.

Die Analyseergebnisse unterstützen die Teilnehmenden dabei, andere geeignete Teilnehmende für eine Zusammenarbeit zu finden.

Projektübergreifende Analysen zeigen relevante Unterschiede auf und motivieren die agierenden Personen zu einer besseren Arbeitsweise.

Hier werden einige ausgewählte Analysen präsentiert, die in den untersuchten projektbasierten Lehrveranstaltungen durchgeführt wurden. Für einige von diesen, werden die zugehörigen Analysefragen und ihr Hintergrund erläutert, die Analyseergebnisse grafisch präsentiert, deren Interpretation begründet und ggf. die Auswirkungen geschildert, welche aus ihrer Veröffentlichung resultierten. In diesem Rahmen wird darauf verzichtet, die Herkunft der Daten detailliert sowie den Datenvorverarbeitungsprozess zu schildern. Die im Folgenden genannten Quelldaten sind auf Seite 352 kurz beschrieben. Für weitere ausgewählte Analysen werden deren Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Handlungen beschrieben, ohne diese grafisch zu präsentieren und im Detail zu erörtern.

Alle Analysen, die für die Lehrveranstaltung DA22 vorgestellt werden, sind Auszüge aus Analysen, die unter der Anleitung des Autors in Kooperation und Kollaboration mit Dejan Simic im Kontext seiner Bachelorarbeit [Simic 2023] erstellt wurden.

Umstrukturierung einer Lehrveranstaltung

Für dieses Themengebiet wurden zwei Analysen ausgewählt, die als anschauliche Beispiele dienen sollen. Die erste untersucht und beschreibt, auf welcher Grundlage eine iterative Arbeitsweise für die Erstellung der Abschlussberichte eingeführt und gefördert wurde. Die zweite zeigt auf, wie ein Engpass in einer Lehrveranstaltung identifiziert werden konnte und wie diesem begegnet wurde.

Analyse: Business Intelligence - Iteratives Arbeiten In den Lehrveranstaltungen PM19, PM20 und PM20WS wurden bereits unterschiedliche Versuche unternommen, die Qualität der Abschlussberichte zu erhöhen. Eine Hypothese war, dass die Teilnehmenden ihre Abschlussberichte in einem sehr kurzen Zeitraum, vor der Abgabefrist erstellt. Das Ziel der Analyse war es, herauszufinden, ob die Teilnehmenden in der vorlesungsfreien Zeit kontinuierlich an ihren Abschlussberichten arbeiten. Zu diesem Zweck wurde die Analysefrage „Wie verteilt sich die gebuchte Arbeitszeit über die vorlesungsfreie Zeit?“ formuliert.

Dazu wurde für die einzelnen Lehrveranstaltung auf den Jira Worklog Daten eine BI-Analyse durchgeführt. Hier wird die Analyse für die Lehrveranstaltung PM21 präsentiert. Das resultierende gruppierte Säulendiagramm ist in Abbildung 16.1 dargestellt.

Buchungen und Arbeitsstunden nach Kalenderwochen

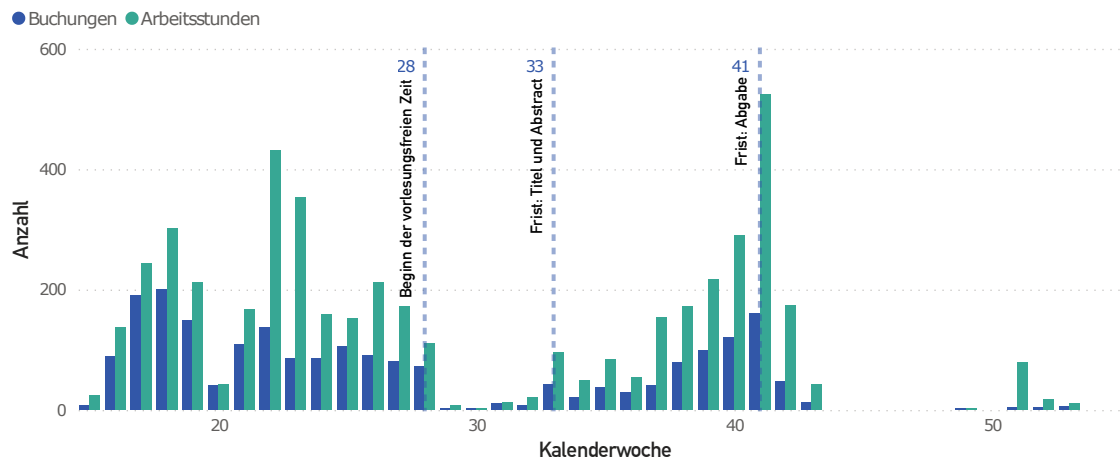


Abbildung 16.1: Untersuchung der Jira Worklog Daten über den gesamten Zeitraum der PM21 Lehrveranstaltung hinsichtlich der Arbeitszeitbuchungen und -stunden der Teilnehmenden nach Kalenderwochen. Erstellt mit Power BI.

Um die Vergleichbarkeit der Arbeitszeit zu erhöhen, wurde der gesamte Zeitraum vom Beginn der Lehrveranstaltung bis zur endgültigen Abgabe aller Abschlussberichte untersucht. Die blauen Säulen geben die Anzahl der Arbeitszeitbuchungen und die grünen die gebuchten Arbeitsstunden an. Sprich, je unterschiedlicher die Höhe der gruppierten Säulen für eine Kalenderwoche ist, desto weniger bzw. mehr Zeit wurde im Mittel pro Buchung gebucht. Die erste Woche der vorlesungsfreien Zeit war die Kalenderwoche (KW) 28, die Frist für den Titel und den *Abstract* lag in der KW 33 und die allgemeine³ Abgabefrist für den Abschlussbericht in der KW 41. Zu dem Titel und dem *Abstract* gab es in der KW 34 Feedback, welches in dieser und in der KW35 mit einigen Teilnehmenden besprochen wurde. Die Einführung der Frist für den Titel und den *Abstract* war bereits eine erste Reaktion darauf, was in PM19, PM20 und PM20WS vermutet wurde.

Es ist deutlich zu sehen, dass die Buchungen und Arbeitsstunden in der zweiten Woche (KW29) der vorlesungsfreien Zeit deutlich abfallen.⁴ In der Woche, in der eine erste Version des Titels und des Abstracts eingereicht werden sollte sowie in den Wochen darauf, nimmt dies wieder leicht zu. Auffällig ist, dass die Buchungen und die Arbeitsstunden mit dem Näherrücken der Abgabefrist bereits in den vier Wochen davor kontinuierlich zunehmen. Die Woche der Abgabe sticht dennoch deutlich hervor und ist sogar in Bezug auf die gesamte Lehrveranstaltung die Woche, mit den höchsten Arbeitsstunden. Das Verhältnis zwischen den Buchungen und den Arbeitsstunden in KW41 lässt außerdem vermuten, dass die Teilnehmenden vermehrt in längeren Blöcken gearbeitet haben – auch wenn dies durch diese Analyse nicht sicher angenommen werden kann.

Aus dieser Analyse wurde für die Veranstalterinnen der Anpassungsvorschlag abgeleitet, die Lehrveranstaltung so umzugestalten, dass die Teilnehmenden bereits während der

³Aus persönlichen oder gesundheitlichen Gründen wurde einigen Teilnehmenden eine spätere Frist gewährt.

⁴In den ersten Wochen der vorlesungsfreien Zeit finden in der Informatik der Universität Hamburg häufig Klausuren/Prüfungen statt.

Vorlesungszeit mit der Arbeit an ihren Abschlussberichten beginnen können. Außerdem wurde ihnen dazu geraten, weitere Zwischentermine für die Abschlussberichte einzuführen, um so ein iteratives Arbeiten mit weiteren Feedback-Runden zu fördern. In der nachfolgenden Lehrveranstaltung (DA22) haben die Veranstaltenden entsprechende Maßnahmen umgesetzt.

Analyse: Business Intelligence - Abhängigkeiten Die zweite hier ausgewählte Analyse hat das Ziel, herauszufinden, ob alle Teilnehmenden zu allen Zeitpunkten etwas zu tun haben bzw. einige blockiert werden. Dazu werden wieder mittels BI-Analysen die Jira Worklog Daten untersucht, jedoch dieses Mal von der Lehrveranstaltung PM20WS. Die erste Analysefrage lautet, „Wie verteilt sich die Arbeitszeit auf die Kalenderwochen?“. Diese wurde anschließend durch eine zweite Frage ergänzt: „Wie verteilen sich die Anteile der Arbeitsstunden pro Kalenderwoche auf die Teilnehmenden?“. In Abbildung 16.2 ist diese Analyse als gestapeltes Säulendiagramm grafisch dargestellt.

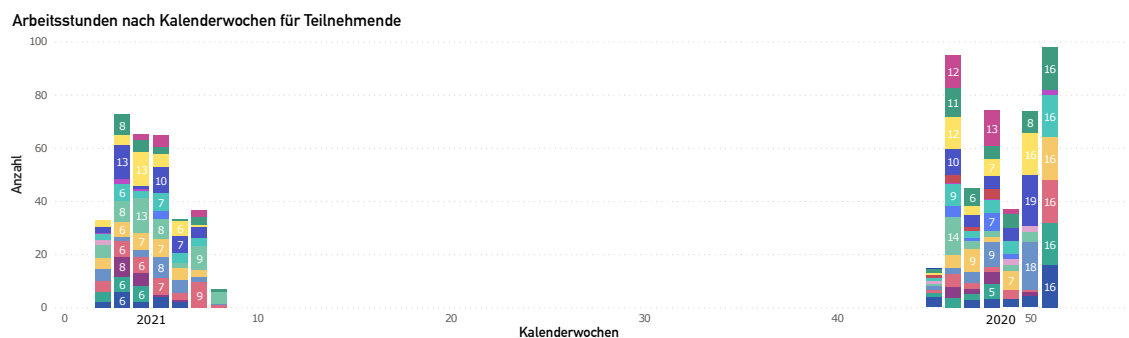


Abbildung 16.2: Untersuchung der Jira Worklog Daten über die Jahre 2020 (rechts) und 2021 (links) der PM20WS Lehrveranstaltung hinsichtlich der Arbeitsstunden der Teilnehmenden nach Kalenderwochen. Die Anteile der Teilnehmenden sind eingefärbt. Erstellt mit Power BI.

Die Einfärbung der Säulen zeigt, welchen Anteil die einzelnen Teilnehmenden an dem Gesamtwert für eine KW hatten. Jede/jeder Teilnehmende wird durch eine Farbe repräsentiert. Je bunter eine Säule ist, desto mehr Teilnehmende haben in der Woche Arbeitsstunden gebucht. Da PM20WS im Wintersemester stattgefunden hat, ist der zeitliche Verlauf des Diagramms von der KW45 aus zu lesen.

Die praktische, freie Phase, in der die PM20WS die projektbasierte Lehrveranstaltung AOSE20WS mit begleitenden Datenanalysen unterstützt hat, wurde in KW49 vorbereitet. In KW50 sollte damit begonnen werden, erste Daten zu sichten, diese zu untersuchen, zu verstehen und anschließend vorzuverarbeiten.

Während die Säule für KW50 noch sehr bunt ist, also mehrere Teilnehmende hier Arbeitsstunden gebucht haben, ist in KW51 zu sehen, dass die gebuchten Arbeitsstunden zwar sehr hoch sind, diese jedoch nur von wenigen Teilnehmenden erbracht wurden. Auffällig ist, dass sechs Teilnehmende jeweils 16 Stunden gebucht haben und somit möglicherweise zusammengearbeitet haben. Viele der Teilnehmenden scheinen in dieser Woche nicht gearbeitet zu haben. Erst in KW3 des Jahres 2021 arbeiteten wieder mehrere Teilnehmende.

Eine anschließende Befragung der Teilnehmenden ergab, dass sich, aufgrund der Zuständigkeiten der Teams (einige sollten die Daten vorverarbeiten und andere diese analysieren), die Teams blockiert gefühlt haben, welche die Daten analysieren sollten, die Daten jedoch nicht vorverarbeitet und verfügbar waren. Außerdem wurde erwähnt, dass vorrangig die ExpertInnen aus Phase 1 und 2 an der Datenvorverarbeitung gearbeitet haben, obwohl die Datenvorverarbeitungsteams insgesamt aus mehr als sechs Teilnehmenden bestanden.

Eigentlich sollten die Datenanalyseteams in dieser Zeit mit an den Analysefragen arbeiten, Daten in den Quellen ausmachen und beispielhafte Analysen vorbereiten, welche dann später mit den richtigen Daten hätten gefüllt werden können. In Rücksprache mit den Teilnehmenden wurde deutlich, dass dies von den Veranstaltenden nicht ausreichend gut kommuniziert wurde.

Um eine solche Situation in folgenden Lehrveranstaltungen zu verhindern, wurde den Veranstaltenden der Anpassungsvorschlag unterbreitet, die Struktur der Teams zu verändern. Jedes Team sollte in Zukunft innerhalb eines konkreten Kontextes den gesamten Datenanalyseprozess durchführen. Dafür sollten die Teams fachlich übergreifend aus ExpertInnen zusammengestellt werden, welche zuvor in den Phasen 1 und 2 ausgebildet werden. Dies entspricht einem typischen Aufbrechen der Silos in einem Unternehmen hin zu *value stream*-orientierten Teams (vgl. [Kim und Forsgren 2021]).

Weiterentwicklung der technischen Umgebung

In PM19 wurde die Datenvorverarbeitung größtenteils mittels SQL-Queries und Microsoft Excel (bzw. *Power Query*⁵) durchgeführt. Die Veranstaltenden haben während der Lehrveranstaltung bereits beobachtet, dass diese Vorgehensweise den Teilnehmenden schwer fiel und nur wenige Teilnehmende die Datenvorverarbeitung durchgeführt haben. Durch eine spätere Analyse konnte außerdem gezeigt werden, dass in dieser Phase auch von wenigen Teilnehmenden Aktivitäten in Jira verzeichnet wurden. Aus diesem Grund wurde zwischen den Lehrveranstaltungen PM19 und PM20 der PDI-Client Spoon in die exemplarische LLUA und in die Lehrveranstaltung integriert.

Analyse: Business Intelligence - Tätigkeitstyp Hier soll jedoch eine andere Analyse präsentiert werden, die nicht zur Entwicklung der exemplarischen LLUA selbst, sondern u. a. dazu beigetragen hat, dass die Teilnehmenden weniger Aufwand mit dem Einrichten ihrer technischen Umgebung haben. Als Grundlage dienen hier wieder die Jira Worklog Daten, allerdings der Lehrveranstaltung PM20. Dieses Mal wird jedoch nicht allein die Anzahl der Buchungen und Arbeitsstunden betrachtet, sondern auch der Arbeitstyp, welcher beim Buchen von Arbeitsstunden angegeben werden muss. Das Ziel der ausgehenden Analyse war es, herauszufinden, ob die Teilnehmenden wie beabsichtigt ihre Zeit in den einzelnen Tätigkeitsbereichen verbringen. Die in diesem Zusammenhang verfolgten Analysefragen schlagen sich in den Diagrammen der Abbildung 16.3 nieder. Dieser sind auch die möglichen Tätigkeitstypen zu entnehmen. Betrachtet wird jeweils der Zeitraum der gesamten Lehrveranstaltung.

Die erste Analysefrage lautete: „Wie viel Zeit investieren die Teilnehmenden anteilig in die einzelnen Tätigkeitstypen?“. Die Veranstaltenden haben beabsichtigt, dass die vier

⁵<https://support.microsoft.com/en-gb/office/about-power-query-in-excel-7104fbee-9e62-4cb9-a02e-5bfbb1a6c536a>, besucht am 31.01.2024

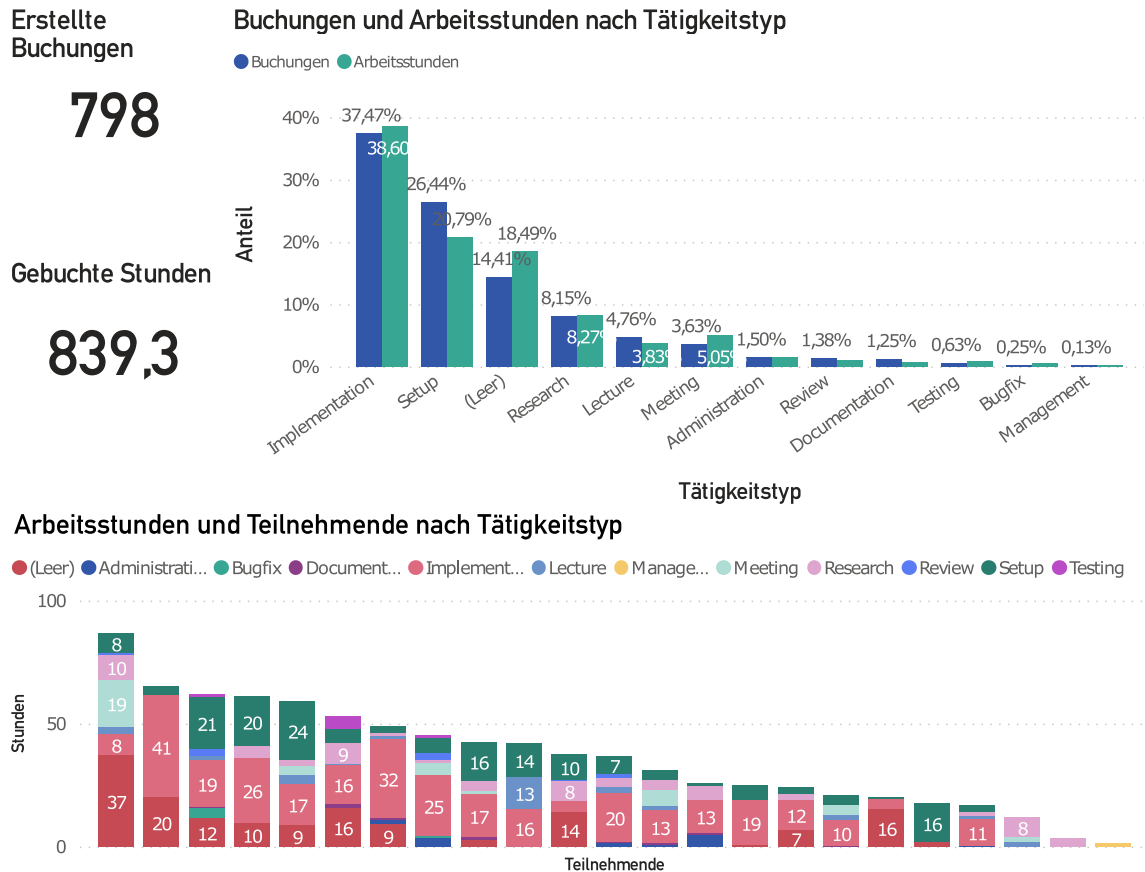


Abbildung 16.3: Untersuchung der Jira Worklog Daten der PM20 Lehrveranstaltung hinsichtlich der Arbeitsbuchungen und -stunden der Teilnehmenden nach Tätigkeitstypen (oben). Die Anteile der Arbeitsstunden der Tätigkeitstypen für die einzelnen Teilnehmenden sind eingefärbt (unten). Erstellt mit Power BI.

Tätigkeitstypen, für die am meisten Zeit investiert wird, in absteigender Reihenfolge *Implementation*, *Research*, *Documentation* und *Setup* sind. Die Untersuchung wird von dem gruppierten Säulendiagramm oben in Abbildung 16.3 adressiert. Dort ist zu sehen, dass – wird die Angabe keines Tätigkeitentyps (*(Leer)*) vernachlässigt – drei von diesen unter den ersten vier sind. Allerdings ist *Documentation* weit abgeschlagen.

Da hier gezeigt werden soll, warum und wie die technische Umgebung angepasst wurde, steht der Tätigkeitstyp *Setup* im Fokus. Dieser sollte sich zwar unter den ersten vier befinden, jedoch wurde ein prozentualer Anteil von 20,79% von den Veranstaltenden als zu hoch eingestuft. Im Zentrum der Lehrveranstaltung stand nicht zu lernen, wie Softwareanwendungen installiert und eingerichtet werden, sondern wie diese Softwareanwendungen benutzt werden, um spezielle Herausforderungen zu bewältigen.

Weiterführend sollte die folgende Analysefrage untersucht werden: „Wie verteilen sich die Arbeitsstunden für die Tätigkeitstypen auf die einzelnen Teilnehmenden?“. Diese Untersuchung wird als gestapeltes Säulendiagramm unten in Abbildung 16.3 präsentiert.

In Bezug auf *Setup* ist auffällig, dass einige Teilnehmende deutlich mehr Zeit als andere mit diesem Tätigkeitstyp verbracht haben. Dies kann unterschiedliche Gründe haben, zu denen aufgrund dieser Analyse lediglich Vermutungen angestellt werden können (z. B. heterogene Kenntnisse und Fähigkeiten oder besondere lokale technische Umgebungen).

Basierend auf dieser Analyse wurden den Veranstaltenden die folgenden Anpassungsvorschläge gemacht:

- Verbessern Sie die technische Dokumentation für das Setup der einzelnen Softwareanwendungen. Sammeln Sie dazu spezielle Herausforderungen und beschreiben Sie deren Lösungen.
- Stellen Sie vorkonfigurierte Umgebungen bereit, sodass die Teilnehmenden das Setup nicht (vollständig) selbst durchführen müssen.

Die Veranstaltenden haben daraufhin sowohl die technische Dokumentation entsprechend erweitert als auch vorkonfigurierte Workstations und lokal nutzbare virtuelle Maschinen (VMs) für die folgenden Lehrveranstaltungen bereitgestellt. Leider ließen sich die Auswirkungen nicht mittels Datenanalysen untersuchen, weil außerdem die Struktur und Inhalte der folgenden Lehrveranstaltungen angepasst wurden und somit insgesamt weniger *Setup*-Tätigkeiten vollzogen werden mussten. Die Veranstaltenden haben jedoch beobachtet, dass sie weniger um Rat gebeten wurden, um bei individuellen technischen Herausforderungen beim Aufsetzen der technischen Umgebung zu unterstützen.

Des Weiteren wurde neben der Analyse der Tätigkeitstypen auch eine Analyse für die unterschiedlichen Issue-Arten durchgeführt. In PM20 standen *Epic*, *Task*, *Plenum Task*, *Preparation Task* und *Group Activity* zur Auswahl. Die Analyse und die folgende Besprechung der Ergebnisse hat ergeben, dass trotz einleitender Erläuterung, nicht allen Teilnehmenden die Unterschiede zwischen *Plenum Task* und *Group Activity* geläufig waren. Auch war die Verwendung des *Preparation Tasks* nicht einheitlich aufgefasst. Diese Erkenntnis hat zu einer fortwährenden Diskussion geführt und die Issue-Arten wurden über folgende Veranstaltungen hinweg angepasst sowie ihre Verwendung prominenter kommuniziert.

Ähnlich, wie Unklarheiten bei der Verwendung der einzelnen Issue-Arten festgestellt wurden, konnte dies für die Verwendung der einzelnen Tätigkeitstypen auch in der Lehrveranstaltung AOSE21WS mittels Analysen beobachtet werden. Auch hier wurde durch diese Erkenntnis eine Diskussion angeregt, die dazu geführt hat, die einzelnen Tätigkeitstypen besser zu beschreiben und voneinander abzugrenzen. In diesem Zuge wurden außerdem die Issue-Status besprochen und auch ihre Bedeutung aufbereitet und verbessert kommuniziert.

Solche Erkenntnisse können zu weiterführenden Perspektivwechseln für die Veranstaltenden führen, obwohl diese nicht direkt aus den Ergebnissen der Analyse abgeleitet wurden. In diesem Fall wurden die Lehrveranstaltungen dadurch verbessert, dass die Veranstaltenden eine Schärfung der Terminologie vollzogen und für ähnliche Herausforderungen sensibilisiert wurden.

Kommunikation und Kooperation zwischen Teilnehmenden und Teams

Um die Kommunikation und Kooperation zwischen den Teams mittels Datenanalysen zu untersuchen, lassen sich unterschiedliche Ansätze wählen. Das Ziel der hier ausgewählten Ansätze ist es, herauszufinden, ob und wie stark die Teilnehmenden innerhalb ihrer

einzelnen Teams und außerhalb dieser miteinander kooperieren (in der Phase 3 der Lehrveranstaltung DA22). Da die im Folgenden präsentierten Analysen erst im Anschluss an DA22 durchgeführt wurden, um nachfolgende Lehrveranstaltungen zu verbessern, lassen sich keine Auswirkungen auf DA22 selbst untersuchen. Dennoch wird erhofft, dass diese einen Eindruck möglicher Analysen vermitteln, die auch bereits während einer Lehrveranstaltung durchgeführt werden könnten.

Analyse: Social Mining - Kooperation Die erste Analysefrage in diesem Analysebereich lautet: „Buchen Teilnehmende ihre Arbeitszeit auf Jira Issues, auf die auch andere Teilnehmende ihre Arbeitszeit buchen?“. Ihre innewohnende Annahme zur Verfolgung des Ziels ist, wenn Teilnehmende ihre Arbeitszeit auf das gleiche Issue buchen, dann kooperieren sie miteinander.

Um diese Frage (und weitere, s. u.) zu untersuchen, wird hier *Social Mining* mittels ProM eingesetzt – genauer: der „Mine for a Working-Together Social Network“ Miner. Als Quelldaten fungieren Daten aus der Jira Datenbank, die mit den Arbeitszeitbuchungen in Beziehung stehen. Die ID des Jira Issues wird als *Case column* und die ID des Worklogs als *Event column* gesetzt. Zusätzlich werden die Personen, welche den Worklog erstellt haben, als organisationale Ressource und das Jira Projekt, zu welchem das Issue gehört, als organisationale Gruppe definiert. Der Erstellungszeitpunkt des Worklogs dient als Zeitstempel für das Event. Die resultierenden sozialen Netzwerke (mit ihrem jeweiligen Layout) sind in Abbildung 16.4 dargestellt.

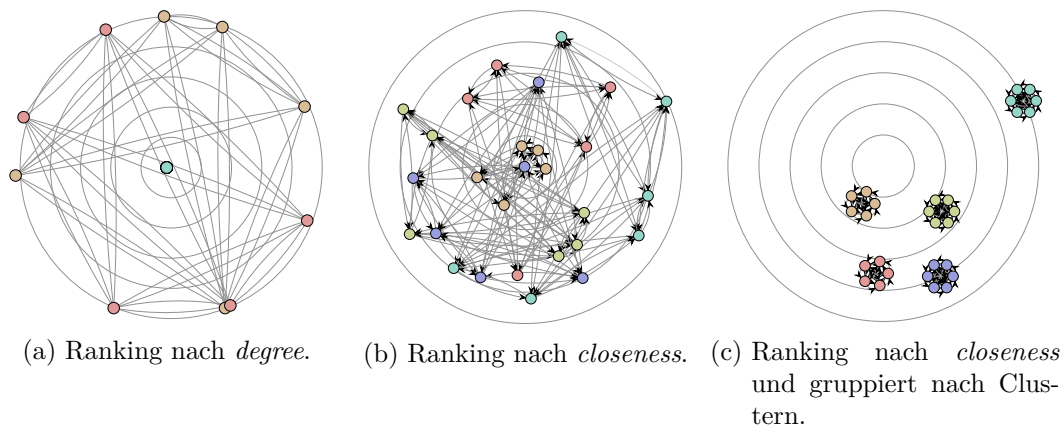


Abbildung 16.4: Soziale Netzwerke, mit ProM (*Mine for a Working-Together Social Network Miner*) aus den Jira Worklog Daten der Phase 3 der DA22 Lehrveranstaltung *geminet*. Dargestellt als *Ranking View*. Die Knoten sind Personen und die Verbindungen zeigen die Existenz von Worklogs auf gleiche Issues an. Die Farben der Knoten geben die Teamzugehörigkeit an.

Abbildung 16.4a zeigt an, mit wie vielen anderen Teilnehmenden jede/jeder Teilnehmende (dargestellt als Punkte) Worklogs auf die gleichen Issues gebucht hat. Eine Verbindung zwischen zwei Punkten bedeutet, dass diese beiden zueinander in Beziehung stehen. In

der Mitte sind die Personen, die mit jeweils fünf anderen Personen⁶, während auf dem äußeren Ring alle Personen liegen, die nur mit jeweils vier anderen Personen die gleichen Issues bebucht haben. Dieser Unterschied könnte aus der Teamgröße (drei Teams mit sechs Personen, zwei Teams mit fünf Personen) resultieren, sofern jede Person nur mit Personen aus ihrem Team diese Überschneidung aufweist. Das kann durch diese Darstellung jedoch nicht gesichert werden und ist lediglich eine Hypothese.

Die nächsten Analysefragen sind: „Wie eng arbeiten die einzelnen Teilnehmenden mit anderen Teilnehmenden zusammen?“, „Existieren Worklogs auf das gleiche Issue von Teilnehmenden unterschiedlicher Teams?“ und „Wie eng arbeiten die einzelnen Teams im Vergleich untereinander zusammen“. In Abbildung 16.4b ist zu sehen, wie häufig jede Person mit anderen Personen zusammenarbeitet (im Verhältnis zu allen anderen Personen). In der Mitte sind die Personen angesiedelt, die besonders häufig mit anderen Personen zusammenarbeiten. Die Häufigkeit nimmt nach außen hin ab. Die letzten beiden Analysefragen können mittels der Abbildung 16.4c untersucht werden. Durch die Gruppierung nach Clustern, also Teams, ist zu sehen, dass keine Worklogs auf das gleiche Issue von Teilnehmenden unterschiedlicher Teams existieren. Dies bestätigt die Hypothese, welche bereits bei der Interpretation von Abbildung 16.4a aufgestellt wurde. Außerdem ist zu sehen, welches Team besonders eng miteinander zusammenarbeitet (beige, innen) und welches Team am wenigsten eng miteinander zusammenarbeitet (grün, außen). Dies ähnelt auch der Anordnung der Personen der beige und grünen Personen in Abbildung 16.4b.

Analyse: Process Mining - Verzahnte Kooperation Um das Verhalten der Teilnehmenden im Kontext der Worklogs weiter zu untersuchen, wurde die folgende Analysefrage formuliert: „Wird auf ein Jira Issue häufig hintereinander von der/dem gleichen Teilnehmenden Arbeitszeit gebucht oder wechseln sich die Teilnehmenden, die auf dasselbe Issue buchen, ab?“. Hier soll also herausgefunden werden, wie stark die Arbeit der Teilnehmenden verzahnt ist. Dazu wurde eine *Process Mining* (PM) Analyse mittels Disco durchgeführt. Als Quelldaten wurden die gleichen Daten verwendet und es wurde der gleiche Zeitraum betrachtet. Die Belegung der Spalten wurde wie folgt gewählt: ID des Jira Issues als *Case ID*, Person, welche den Worklog erstellt hat, als *Activity*, Erstellungszeitpunkt des Worklogs als Zeitstempel und das Jira Projekt als *Other attribute*. Der resultierende Prozess ist in Abbildung 16.5a abgebildet. Zur Verbesserung der Anschaulichkeit ist in Abbildung 16.5b der Prozess für ein Team dargestellt.

Eine Schleife an einem Knoten (Person) in Abbildung 16.5 bedeutet, dass die Person nacheinander Worklogs für das gleiche Issue gebucht hat. Die Zahl innerhalb eines Knotens gibt die Anzahl aller Worklogs einer Person an und entspricht der Summe aller eingehenden Pfeile. Somit ist in Abbildung 16.5b zu sehen, dass ein Issue des betrachteten Teams häufiger hintereinander von der gleichen Person bebucht wurde. Im Verhältnis zu der absoluten Anzahl der Worklogs der Personen entspricht dies jedoch nur einem Mittel von ca. 55,2%.⁷ Im Mittel folgte zu ca. 44,8% nach einer Buchung einer Person auf ein Issue die Buchung einer anderen Person. Zur Beurteilung muss dies mit dem beabsichtigten Mittel ins Verhältnis für die Aufgabe oder Phase gesetzt und daraus ggf. entsprechende Anpassungsvorschläge generiert werden. Im Fall der betrachteten Lehrveranstaltung wurde

⁶Die Punkte in der Mitte liegen übereinander und sind nur als einziger Punkt erkennbar. Die Verbindungslinien zwischen diesen Punkten werden in dem Diagramm nicht dargestellt.

⁷Die Summe, über die aufeinander folgenden Buchungen einer Person geteilt durch ihre absolute Anzahl von Buchungen, geteilt durch die Anzahl der betrachteten Personen.

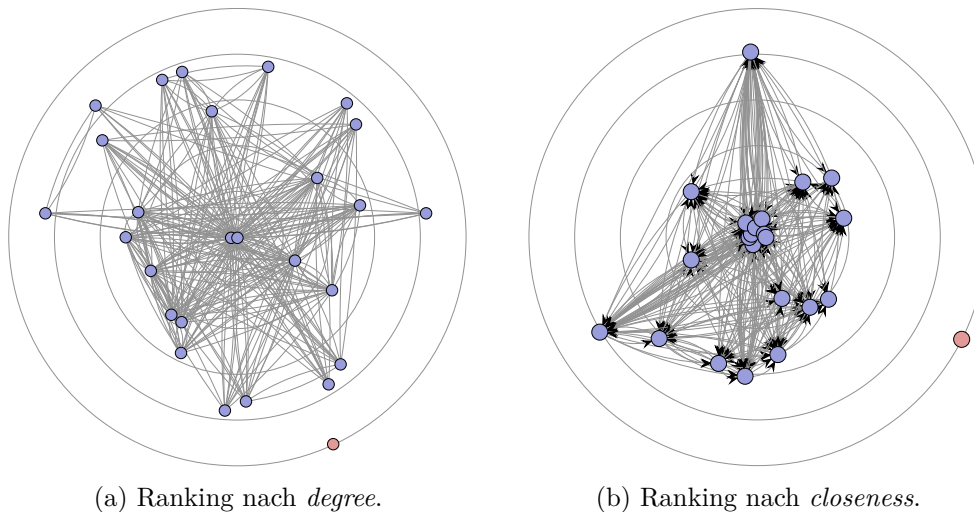


Abbildung 16.6: Soziale Netzwerke, mit ProM (*Mine for a Working-Together Social Network Miner*) aus den Mattermost Message Daten der Phase 3 der DA22 Lehrveranstaltung *geminet*. Dargestellt als *Ranking View*. Die Knoten sind Personen und die Verbindungen zeigen die Existenz von Nachrichten zwischen diesen an (direkt und *broadcast*).

Wie in einer späteren *Business Intelligence* (BI) Analyse zu sehen ist (s. Seite 395 ff.), haben die Teilnehmenden von DA22 Mattermost nur sehr gering eingesetzt. Somit sollte die Aussagekraft der hier präsentierten Analysen angezweifelt werden. Dennoch werden diese im Folgenden beispielhaft diskutiert.

In Abbildung 16.6a ist zu sehen, mit wie vielen anderen Personen eine Person via Mattermost Nachrichten kommuniziert (im Verhältnis zu allen anderen Personen). Der Grad nimmt von der Mitte aus ab. Durch die Überlagerung ließe sich in der statischen Abbildung nicht ausmachen, wie viele Knoten in der Mitte angesiedelt sind. In ProM lassen sich die Knoten jedoch verschieben und so konnte festgestellt werden, dass es zwei sind. Für die statische Abbildung wurden diese minimal nach links bzw. rechts verschoben, um dies zu verdeutlichen. Zwei Personen stehen also (in Bezug auf die Anzahl der Personen, mit denen sie via Mattermost Nachrichten kommunizieren) im Zentrum der Kommunikation. Da diese Personen hier besonders hervorgehoben sind, sollten die Pseudonyme in der Ansicht vor der Veröffentlichung ausgeblendet werden.¹⁰ Außerdem fallen am äußeren Rand einige Personen auf, die nur mit wenigen anderen Personen kommunizieren.

Da das Vorhandensein einer Kommunikation noch keine Aussage über das Maß an Kommunikation und Kooperation angibt, wurde die folgende zweite Analysefrage formuliert: „Welche Personen kommunizieren mittels Mattermost Nachrichten besonders viel oder wenig miteinander?“. Das Ergebnis ist in Abbildung 16.6b abgebildet. Die Häufigkeit der Kommunikation miteinander nimmt von der Mitte aus ab. Hier ist zu sehen, dass wesentlich mehr Personen im Zentrum stehen, diese also vermehrt miteinander kommunizieren. Wieder fallen zwei Personen auf, die besonders weit außen angesiedelt wurden. Dies sind die gleichen Personen, die in Abbildung 16.6a im Zentrum stehen.

¹⁰Mit dem Wissen, dass in DA22 zwei Veranstalter:innen existierten, ließen sich hier ansonsten Vermutungen aufstellen, welche Pseudonyme diese beiden haben.

Aus den präsentierten Analysen wurden folgende Bitten und Anpassungsvorschläge abgeleitet:

- Wenn Sie mit anderen Teilnehmenden aus anderen Projekten kooperieren oder denen behilflich sind, so buchen ihre Arbeitszeit bitte auf deren Jira Issues und nicht auf die ihres eigenen Projekts.
- Sollten Sie mit der Häufigkeit oder Art der Zusammenarbeit ihres Teams nicht glücklich sein, so versuchen Sie, dies entsprechend anzupassen. Scheuen Sie sich nicht davor, die Veranstaltenden zu kontaktieren.
- Denken Sie in der Phase 3 an Ihre ExpertInnengruppe aus Phase 1. Fragen Sie diese, wenn Sie in diesem Rahmen Unterstützung benötigen oder teilen Sie dieser wichtige neue Erkenntnisse und Lernerfolge mit. Tauschen Sie sich aus.
- Kooperieren Sie in der Phase 3 mit anderen Teams, die ähnliche Herausforderungen haben.
- Bitte nutzen Sie für die textbasierte Kommunikation Mattermost und keine anderen textbasierten Chat-Dienste. So lassen sich die Informationen einfacher bündeln und Sie können alle Teilnehmenden und die Veranstaltenden mittels eines Dienstes erreichen.
- Die durchgeführten Analysen können einen Einblick in die untersuchten Bereiche bieten. Nutzen Sie diese Analysen in zukünftigen Lehrveranstaltungen regelmäßig, um gewonnene Erkenntnisse direkt in die Lehrveranstaltung einfließen lassen zu können.

Analyse: Business Intelligence - Aufgabenkontext Nachdem oben bereits eine Analyse vorgestellt wurde, die gezeigt hat, dass einige Teams in PM20WS in der Phase 3 zeitweise blockiert waren (s. Seite 379), wurde dies für PM21 angepasst¹¹. In PM20 wurde das erste Mal ein Blocktermin nach der Phase 1 eingeführt, in welchem alle Teilnehmenden innerhalb eines Wochenendes die anderen Bereiche der Datenanalyse aus Phase 1 kennengelernt haben, in denen sie bisher nicht gearbeitet haben. In PM21 waren vorrangig die ExpertInnen aus Phase 1 dafür verantwortlich, den anderen Teilnehmenden die praktischen Inhalte des Blocktermins beizubringen. Durch eine ähnliche Analyse wie „Analyse: Process Mining - Verzahnte Kooperation“ (s. o.) konnte untersucht werden, dass einer der gewünschten Effekte „alle Teilnehmenden eines Teams arbeiten gemeinsam und kontextübergreifend an ihrem Thema“, eventuell nur in Teilen erzielt werden konnte. Um verlässliche Aussagen zu treffen, haben die Analysemöglichkeiten jedoch nicht ausgereicht. Aus diesem Grund wurde das Kooperationsverhalten in DA22 genauer untersucht.

Dazu wurde der Arbeitszeitbuchung in Jira ein weiteres Pflicht-Attribut hinzugefügt, mit welchem die Teilnehmenden angeben mussten, in welchem Arbeitsbereich der Datenanalyse sie die Zeit investiert haben. Das Ziel der Analyse war es, herauszufinden, ob die Teilnehmenden eines Teams in Phase 3 in allen Datenanalysekontexten (DAKs) arbeiten. Dazu wurden die Jira Worklog Daten verwendet und diese nach allen DA22 Jira Projekten sowie dem Zeitraum der Phase 3 gefiltert.¹² Die wählbaren Arbeitsbereiche bzw. DAKs sowie die resultierende Analyse sind in Abbildung 16.7 grafisch dargestellt.

¹¹Jedes Team besteht aus ExpertInnen aus Phase 1 und 2 und hat sein eigenes Thema, an dem sie gemeinsam und kontextübergreifend arbeiten sollen.

¹²In Phase 3 von DA22 hat außerdem ein Teilnehmender mitgearbeitet, der an seiner Bachelorarbeit gearbeitet hat und ein weiterer, der persönliche, fachliche Interessen vertiefen wollte. Aus diesem Grund sind in diesen Analysen 28 Personen abgebildet, welche in diesem Abschnitt alle als *Teilnehmende* bezeichnet werden.

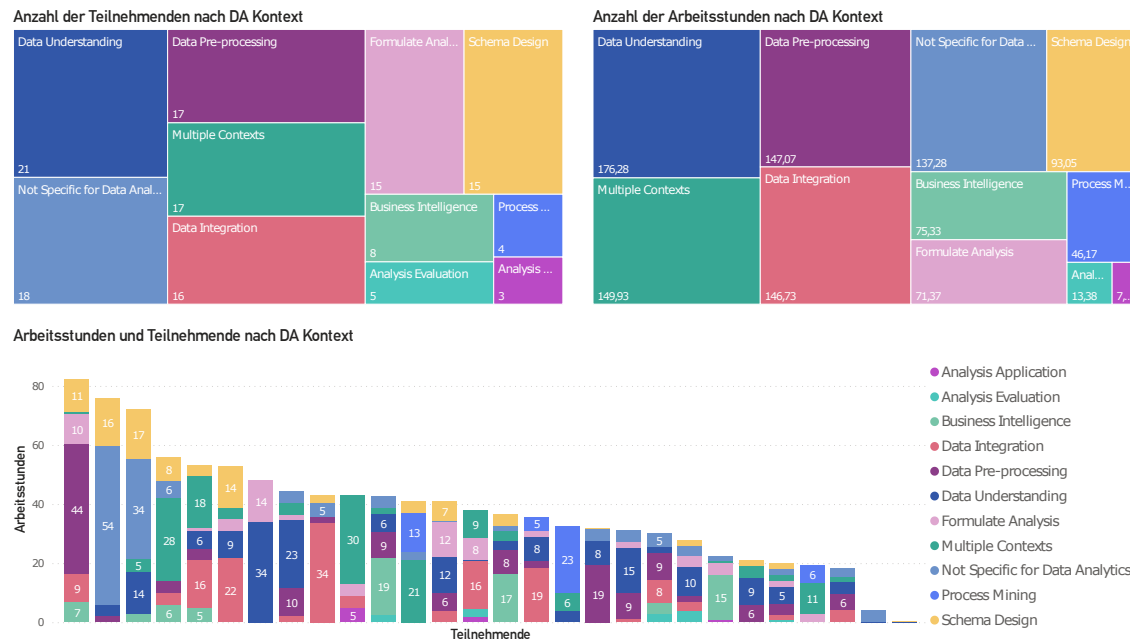


Abbildung 16.7: Untersuchung der Jira Worklog Daten der Phase 3 der DA22 Lehrveranstaltung hinsichtlich der Arbeit der Teilnehmenden in den Datenanalysekontexten (DAKs). Erstellt mit Power BI.

Die erste Analysefrage lautete: „Wie viele Teilnehmende haben in den einzelnen Datenanalysekontexten gearbeitet?“. Diese wird durch das Diagramm (*Treemap*) oben links in Abbildung 16.7 adressiert. Auffällig ist, dass die Kontexte von den meisten Teilnehmenden bearbeitet wurden, welche am Anfang des Datenanalyseprozesse stehen – ausgenommen *Formulate Analysis* und *Schema Design*. Zusätzlich haben viele Teilnehmende auch Tätigkeiten vollzogen, die *not specific for data analytics* sind. Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass in den beiden Analysedisziplinen BI und PM nur eine sehr geringe Anzahl an Teilnehmenden (8 bzw. 4) gearbeitet haben. Nicht überraschend ist, dass viele Teilnehmende auch *Multiple Contexts* ausgewählt haben. In Abhängigkeit der Granularität der definierten Aufgabe, ist es nicht ungewöhnlich, dass die Teilnehmenden in den Kontexten springen.

Um diesen Sachverhalt genauer zu untersuchen, wurde eine zweite Analysefrage formuliert: „Wie verteilt sich die gebuchte Arbeitszeit auf die einzelnen Datenanalysekontexten?“. Deren Untersuchung ist in Abbildung 16.7 oben rechts abgebildet. Die Reihenfolge der Kontexte verschiebt sich hier nur leicht zwischen den Plätzen 2 bis 5 und diese liegen sehr nah beieinander – ähnlich wie oben links. Für unerfahrene Personen wäre es eine weitere Auffälligkeit, dass die Zeit, in die Durchführung der BI und PM-Analysen investiert wurde, in Summe nur 121,5 Stunden ergibt. Damit würden diese zusammen nur den Platz 6 belegen. Dies ist für erfahrene Personen jedoch keine Überraschung, denn häufig nehmen in der Datenanalyse die vorbereitenden Tätigkeiten einen großen Teil der Arbeitszeit in Anspruch (vgl. [Corrales u. a. 2018; Eyob 2009]). Dieser Sachverhalt muss hier allerdings differenziert betrachtet werden, da insgesamt nur wenige Teilnehmende in beiden Kontexten gearbeitet haben.

Insgesamt wirkt es jedoch so, als wenn die Teilnehmenden in ihren Teams zwar vorrangig gemeinsam mit der Bearbeitung ihres Themas begonnen haben, die Teilnehmenden, deren

Expertise in den vorderen Kontexten (bezogen auf den Datenanalyseprozess) lag, jedoch weniger an den hinteren Kontexten teilgenommen haben.

Von diesem Standpunkt aus, bieten sich unterschiedliche Richtungen an, die Analyse zu vertiefen. Es könnte z. B. untersucht werden, wie sich die Arbeitszeitbuchungen auf die Kontexte über die Zeit verteilt haben, um abschätzen zu können, ob die ExpertInnen der vorderen Kontexte weiterhin viel in ihrem Kontext zu tun hatten und deswegen nicht in den hinteren Kontexten mitgearbeitet haben. Zu Anschauungszwecken wird hier jedoch ein anderer Weg mit der folgenden Analysefrage gewählt: „Wie verteilt sich die gebuchte Arbeitszeit der einzelnen DAKs auf die Teilnehmenden?“. Es soll also auf der einen Seite herausgefunden werden, ob die Arbeitszeiten eines Kontextes vorrangig von einzelnen Personen gebucht wurden. Auf der anderen Seite kann so die Vielseitigkeit der Tätigkeiten der einzelnen Teilnehmenden abgeschätzt werden – über je mehr Kontexte sie ihre Arbeitszeit verteilt haben, desto vielseitiger waren ihre Tätigkeiten. Das Resultat ist in Abbildung 16.7 zu sehen.

Das gestapelte Säulendiagramm gibt an, wie viel Arbeitszeit die Teilnehmenden insgesamt auf alle und auf jeden Kontext einzeln gebucht haben. Bei vielen Teilnehmenden ist ein deutlicher Schwerpunkt zu erkennen. Außerdem sind einige „bunter“ als andere, jedoch fällt keine/keiner besonders durch ihre/seine Vielfältigkeit auf. Die gewünschte Vielfältigkeit scheint also nicht erreicht worden zu sein.

Bei übergreifender Betrachtung der drei Diagramme fällt z. B. auf, dass von acht Teilnehmenden, die im Kontext *Business Intelligence* gearbeitet haben, bereits zwei Teilnehmende insgesamt 36 Stunden (19 + 17) der insgesamt 75,33 Stunden gebucht haben – dies entspricht einem Anteil von etwa 47,79%. Oder eine Person 23 Stunden (ca. 49,82%) der insgesamt 46,17 gebuchten Stunden des *Process Mining* Kontextes gebucht hat.

Um die Beschreibung dieser Untersuchung sinnvoll fortzuführen, müssten viele Details der Lehrveranstaltung erläutert werden, um einen Rahmen zu schaffen, in welchem die Zusammenhänge nachvollziehbar werden. Aus Gründen des Umfangs, wird stattdessen auf der bisherigen Basis ein beispielhaftes Fazit gezogen. Die Teilnehmenden scheinen in der Phase 3 von DA22 nicht so stark wie beabsichtigt kontextübergreifend gearbeitet zu haben. Dennoch ist erkennbar, dass besonders zu Beginn des Datenanalyseprozesses eine Zusammenarbeit erfolgte und somit kann angenommen werden, dass die meisten Teilnehmenden eines Teams zumindest den Beginn der gewählten Analysen mitgeprägt haben.

In zukünftigen Lehrveranstaltungen sollten die Veranstaltenden noch deutlicher auf die kontextübergreifende Arbeitsweise und die daraus resultierenden Vorteile beim Lernen hinweisen. Möglicherweise kann die Präsentation der hier geschilderten Analyse und die Aussicht darauf, dass am Ende ein Vergleich mit dieser angestrebt wird, eine zusätzliche Motivation bieten.

Projektmanagement und Benutzung der Werkzeuge

Ähnlich wie bei der Untersuchung der Kommunikation und Kooperation, eignen sich auch zur Untersuchung des Verhaltens im Projektmanagement und der Benutzung der Werkzeuge unterschiedliche Ansätze. In diesem Rahmen wird hier eine Kombination aus BI und PM-Analysen präsentiert, die begleitend zu der Lehrveranstaltung DA22 durchgeführt wurden.

Analyse: Business Intelligence - Issue Erstellungen In den ersten Wochen einer projektbasierten Lehrveranstaltung ist es wichtig, dass die Teilnehmenden den Umgang mit der technischen Umgebung erlernen und einüben. Aus diesem Grund war ein Ziel nach der zweiten Woche von DA22, herauszufinden, ob die Teilnehmenden ähnlich viele Jira Issues erstellen – also ob alle Teilnehmenden das Erstellen von Issues einüben. Betrachtet wurden somit die Jira Status Daten der ersten beiden Wochen von DA22.

Die erste Analysefrage war: „Wie viele der Teilnehmenden haben bisher mindestens ein Issue erstellt?“. Zu diesem Zweck wurde eine sogenannte *Karte* verwendet, welche einen konkreten Wert darstellt (s. Abbildung 16.8 oben links). Es ist zu sehen, dass nur 20 Teilnehmende in den ersten beiden Wochen mindestens ein Issue erstellt haben. Bei insgesamt 26 Teilnehmenden bedeutet das, dass sechs Teilnehmende noch kein Issue erstellt haben.

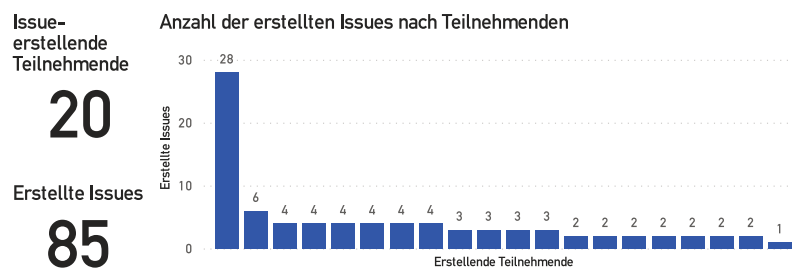


Abbildung 16.8: Untersuchung der Issue-erstellenden Teilnehmenden und der Anzahl der erstellten Issues nach Teilnehmenden. Erstellt mit Power BI.

Die nachfolgende Analysefrage war: „Wie verteilt sich die Anzahl der erstellten Issues auf die Teilnehmenden?“. Dies ist in Abbildung 16.8 anhand des Säulendiagramms dargestellt. Es wird deutlich, dass eine Person besonders viele Issues (28) erstellt hat, während 18 Personen (12 + 6) weniger als vier Issues erstellt haben¹³.

Aus diesem Grund wurden die Teilnehmenden von den Veranstaltenden erneut explizit darauf hingewiesen, dass jede/jeder Tickets erstellen sollte, um diesen Prozess einzuüben.

Analyse: Business Intelligence - Verantwortlichkeiten Außerdem existierte das Ziel, herauszufinden, inwiefern die Teilnehmenden die Issues der ersten beiden Wochen Verantwortlichen zuweisen oder ob diese nicht zugewiesen werden. Die erste Analysefrage dazu war: „Wie groß ist der Anteil der Issues, die einer/einem Teilnehmenden zugewiesen sind?“. Als Darstellung für die zum Zeitpunkt der Analyse zugewiesenen Issues wurde ein radiales Messgerätediagramm (*Gauge Chart*) eingesetzt (s. Abbildung 16.9, links), welches als Maximum die insgesamt erstellte Anzahl der Issues besitzt. Es ist zu erkennen, dass nur 28 der insgesamt 85 erstellten Issues zum Zeitpunkt der Analyse zugewiesen waren.

Im Anschluss sollte folgende Analysefrage untersucht werden: „Wie verhalten sich die zugewiesenen Issues in Bezug darauf, von wem die Issues erstellt wurden?“. Dies ist als gestapeltes Säulendiagramm in Prozent in Abbildung 16.9 dargestellt. Die Y-Achse zeigt in Prozent den Anteil der zugewiesenen Issues nach erstellenden Teilnehmenden (X-Achse) an. Die Teilnehmenden werden außerdem als Farben repräsentiert, graue Bereiche symbolisieren nicht zugewiesene Issues. Die Reihenfolge der Teilnehmenden (X-Achse) ist

¹³Zwölf Personen haben ein bis drei und sechs Personen haben null Issues erstellt.

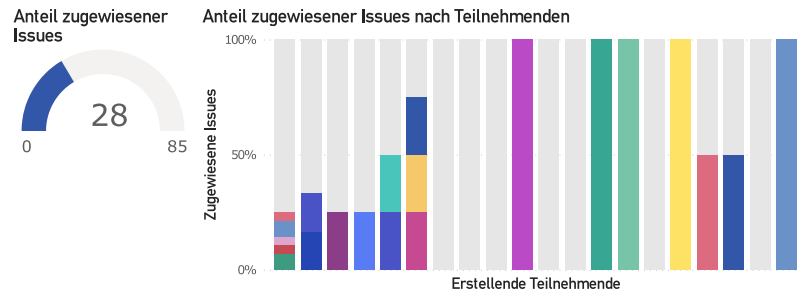


Abbildung 16.9: Untersuchung des Anteils der zugewiesenen Issues (links) und wie sich die Zuweisung in Bezug auf die erstellenden Teilnehmenden verhält (rechts). Wem ein Issues zugewiesen ist, wird durch die farbliche Gestaltung angezeigt. Nicht zugewiesene Issues sind grau. Erstellt mit Power BI.

entsprechend der Menge an erstellten Issues von links nach rechts absteigend sortiert. Dies entspricht also der gleichen Reihenfolge wie in Abbildung 16.8.

Die Teilnehmenden haben den Auftrag bekommen, besonders in den ersten Wochen, alle Issues verantwortlichen Personen zuzuordnen. Dies wurde von den Veranstaltern als wichtig erachtet, da nach ihrer Erfahrung, gerade bei neu zusammengestellten Teams, die dynamische Verteilung von Verantwortlichkeiten verbesserungswürdig ist und definierte Aufgaben mitunter unerledigt bleiben. Dass nur ca. ein Drittel (28 von 85) der erstellten Issues zugewiesen waren veranlasste die Veranstalter dazu, dies erneut zu betonen.

Während der Großteil der Teilnehmenden dafür gesorgt hat, dass ein Teil ihrer erstellten Issues einer verantwortlichen Person zugewiesen werden, haben einige darauf bisher nicht ausreichend geachtet. Aus diesem Grund wurden Teilnehmende dazu angehalten, bereits bei der Erstellung eines Issues, oder zumindest am Ende einer Planungssitzung, die Verantwortlichkeiten zuzuweisen.

Die originalen Analysen wurden außerdem für jedes Jira Projekt einzeln durchgeführt, woraus sich konkretere Hinweise für die einzelnen Projekte ableiten ließen. Um den Umfang zu begrenzen, werden diese hier nicht präsentiert.

Analyse: Process Mining - Statusübergänge Mittels weiterer, hier ebenfalls nicht präsentierter, BI-Analysen konnte gezeigt werden, dass die Teilnehmenden von DA22 die Status der Jira Issues nutzen. Das nächste Ziel ist es, herauszufinden, ob die Teilnehmenden die Status richtig benutzen, also ob sie die Status entsprechend des Fortschritts des Issues pflegen oder ob diese willkürlich und am Ende hintereinander gesetzt werden. Die Analysefrage lautet: „Wie verhalten sich die zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Status?“

Zu diesem Zweck wurden in DA22 in bestimmten Abständen PM Analysen auf die Jira Status Daten durchgeführt. Hier wird die Analyse präsentiert, die nach der zweiten Woche durchgeführt wurde. Als *Activity* wurden die Status, als *Case ID* die ID der Jira Issues, als *Resource* die Personen, welche den Status gesetzt haben und als Zeitstempel der Zeitpunkt, zu dem der Status gesetzt wurde, gewählt. Betrachtet werden alle *Activities* und *Paths*. Der resultierende Prozess ist in Abbildung 16.10 abgebildet.

Je dicker die Pfeile sind, desto länger ist der Abstand zwischen den Status im Median über alle betrachteten Issues hinweg. Hier wird zunächst der Median betrachtet, da

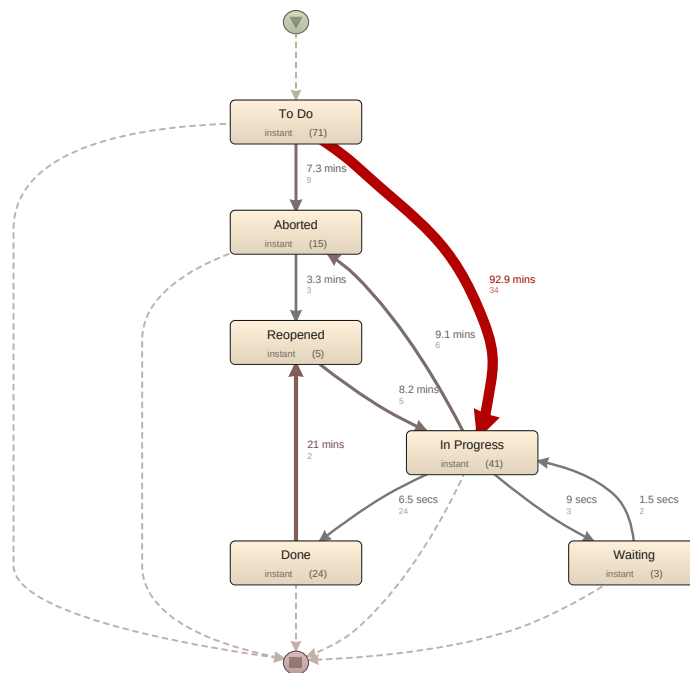


Abbildung 16.10: Prozess zur Untersuchung der Statusübergänge nach Zeit (median; obere Zahl an den Pfeilen) und absoluter Häufigkeit (untere Zahl an den Pfeilen). *Geminet* aus den Jira Status Daten der ersten beiden Wochen der Lehrveranstaltung DA22. Die Knoten sind die Status der Issues, die Pfeile geben das Vorkommen aufeinanderfolgender Status eines Issues an. Erstellt mit Disco.

die Untersuchung für jedes einzelne Issue zu aufwendig und nicht zielführend wäre. Den Veranstaltenden war es auch nicht so wichtig, dass die Status immer für jedes einzelne Issue korrekt gepflegt werden. Wichtiger war ihnen, dass die Teilnehmenden dies größtenteils richtig machen. Es ließe sich zudem jeder einzelne Übergang interpretieren und diskutieren, hier werden jedoch nur ausgewählte besprochen.

Zunächst wurden von insgesamt 71 Issues im *To Do* Status nur 43 bewegt. Dies bedeutet, dass die restlichen 28 Issues am Ende der Woche 2 (Sprintende), noch im *To Do* Status verweilten. Dass von *To Do* bis *In Progress* im Median 92,9 Minuten vergangen sind, haben die Veranstaltenden als in Ordnung eingestuft. Dies zeigt, dass die Aufgaben wenigstens in einem gewissen Maße vorausgeplant wurden. Dass drei Issues von *In Progress* nach *Waiting* und zwei dieser im Median nach 1,5 Sekunden wieder zurückbewegt wurden, lässt darauf schließen, dass es in beiden Fällen ein Versehen war.

Der Übergang von *In Progress* nach *Done* ist im Median nach nur 6,5 Sekunden erfolgt (für insgesamt 24 Fälle). Dies war für die Veranstaltenden ein alarmierender Wert, denn es deutet darauf hin, dass viele dieser 24 Issues nur durch die Status durchgeschoben und nicht entsprechend ihrem Zustand gepflegt wurden.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden die Teilnehmenden erneut auf die richtige und zeitnahe Nutzung der Issue Status hingewiesen. Dieser Anpassungsvorschlag wird in Abschnitt 16.1.3 aufgegriffen, um seine Auswirkungen zu untersuchen.

In diesem Kontext ließen sich außerdem Analysen für jedes Jira Projekt erzeugen und dadurch Beispiele für gutes bzw. verbesserungswürdiges Verhalten erzeugen. So könnte zielgerichtet einem Team Rückmeldung gegeben werden, sofern das gewünscht ist. Die Veröffentlichung einer solchen Untersuchung z. B. jede Woche, kann außerdem zu mehr Motivation führen, die Issue Status zeitnah zu setzen.

Analyse: Business Intelligence - Arbeitszeiten Das Konzept der DA22 Lehrveranstaltung sah es vor, dass die Teilnehmenden auch außerhalb der vierstündigen Präsenzzeit am Donnerstag an ihren Aufgaben arbeiten. Die Veranstaltenden hatten das Ziel, herauszufinden, ob die Teilnehmenden diesem in den ersten drei Wochen nachgekommen sind.

Dazu wurde folgende Analysefrage formuliert: „Wie verteilen sich Arbeitszeitbuchungen und -stunden auf die einzelnen Wochentage?“ Als Quelldaten wurden die Jira Worklog Daten der ersten drei Wochen der Lehrveranstaltung DA22 genutzt. Das Resultat ist in Abbildung 16.11 abgebildet. Für die Darstellung wurde ein gruppiertes Säulendiagramm gewählt. Die Wochentage sind auf der x-Achse absteigend nach der Anzahl der Buchungen plus Arbeitsstunden sortiert.

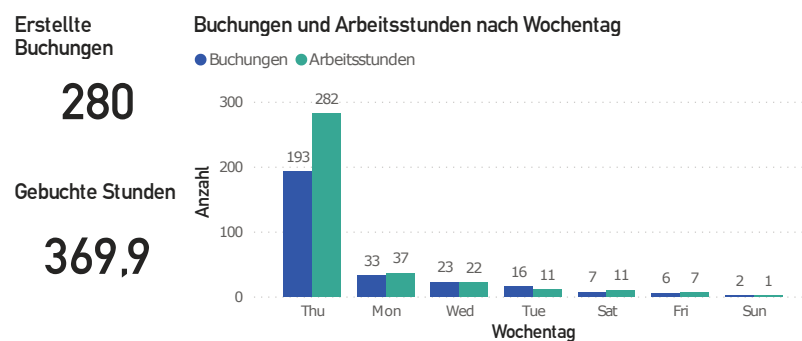


Abbildung 16.11: Untersuchung der Verteilung der Arbeitszeitbuchungen und -stunden der Teilnehmenden auf die einzelnen Wochentage für die ersten drei Wochen der Lehrveranstaltung DA22. Erstellt mit Power BI.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die meisten Arbeitsstunden (ca. 75%) am Donnerstag verbracht wurden. Überraschend war für die Veranstaltenden, das nicht Mittwoch, sondern Montag der Tag mit den zweitmeisten Arbeitsstunden war. Der Erfahrung nach, ist der Tag vor der Präsenzveranstaltung höher frequentiert. Aufgrund dieser Analyse ließen sich diesbezüglich lediglich Spekulationen anstellen. Bei einer vorsichtigen¹⁴ Besprechung der Ergebnisse hat sich ergeben, dass die restlichen Lehrveranstaltungen einiger Teilnehmender so gelegen waren, dass ihnen Montag mehr Zeit zur Verfügung stand.

Den AnalytikerInnen ist anhand dieser Analyse ein weiterer Sachverhalt aufgefallen. Bei 26 Teilnehmenden und drei Donnerstagen a drei Stunden Präsenzzeit müssten mindestens 234 Arbeitsstunden gebucht worden sein. Die Präsenzzeit würde also nur ca. 63% der gesamt gebuchten Arbeitsstunden ausmachen. Da an den drei Donnerstagen insgesamt sogar

¹⁴Wenn z. B. nur wenige Teilnehmende am Montag gearbeitet haben, ließen sich von den AnalytikerInnen einfach Pseudonyme eingrenzen.

282 Stunden gebucht worden sind, spricht dies zum einen dafür, dass die Teilnehmenden ihre Arbeitszeit buchen – was durchaus keine Selbstverständlichkeit ist und ihnen hier positiv angerechnet wurde. Zum anderen scheinen die Teilnehmenden auch am Donnerstag außerhalb der Präsenzzeit zu arbeiten. Dies ist selbstverständlich in die Beurteilung mit einzubringen. Demnach wurden an den Donnerstagen insgesamt 48 Stunden außerhalb der Präsenzzeit gearbeitet, was den Donnerstag zu dem Tag macht, an dem am meisten außerhalb der Präsenzzeit gearbeitet wurde.

Dieser Sachverhalt könnte, ergänzend durch ein sogenanntes Punktplotdiagramm, untersucht werden, welches angibt, wie sich die Anzahl der Buchungen und Arbeitsstunden zusätzlich über die Uhrzeiten der Wochentage verteilen (vgl. Abbildung 15.1, S. 369). So könnte eingeschätzt werden, ob die Teilnehmenden eher vor oder nach der Präsenzzeit arbeiten.

Dieses Ziel wurde im Original noch mittels Analysefragen und Analysen bezogen auf die durchgeführten Jira Issue-Statusübergänge und der Aktivitäten in Confluence verfolgt. Zur Begrenzung des Umfangs, werden diese hier nicht präsentiert.

Den Teilnehmenden wurde aufgrund dieser Analyse der Anpassungsvorschlag unterbreitet, in den nächsten zwei Wochen einzuplanen, vermehrt außerhalb der Präsenzzeit zu arbeiten. Andernfalls sahen die Veranstaltenden die Gefahr, dass die Teilnehmenden nicht ausreichend gut auf ihre Lehrtätigkeit während des Blocktermins (nach Woche fünf) vorbereitet sein könnten. In den Wochen vier und fünf wurde daraufhin ein Anstieg sowohl bei der Anzahl der Worklogs als auch bei den gebuchten Stunden festgestellt. Die Zahlen für den Donnerstag blieben nahezu unverändert, während die Zahlen für den Montag und Mittwoch anstiegen.

Analyse: Business Intelligence - Dokumentation Die Teilnehmenden hatten den Auftrag, ihre Arbeit in Confluence so ausgiebig zu dokumentieren, dass sie während des Blocktermins darauf zurückgreifen können, um etwaige spontane Herausforderungen zu bewältigen und über die Aufgaben hinaus Hintergrundwissen zur Verfügung zu haben. Das Ziel der Veranstaltenden war es, herauszufinden, ob die Teilnehmenden ihre Arbeit in Confluence dokumentieren. Dazu wurde eine erste Analysefrage formuliert: „Sind Aktivitäten der Teilnehmenden in Confluence in der vierten Woche zu verzeichnen?“. Als Grundlage dienten die Confluence Access Log Daten, die im Zeitraum der vierten Woche aufgezeichnet wurden. Die resultierenden Diagramme sind in Abbildung 16.12 dargestellt.

Da die Daten pseudonymisiert untersucht wurden, war es nicht möglich, nach den Teilnehmenden zu filtern. Dementsprechend konnte lediglich nach den fünf Spaces gefiltert werden, welche in DA22 zum Einsatz kamen. Aus diesem Grund beinhalten die Daten Aktivitäten von 32 Personen (drei Veranstaltende, wovon eine Person ausschließlich als AnalytikerIn aufgetreten ist, drei externe Personen, 26 Teilnehmende), wie in Abbildung 16.12 (mittig links) zu sehen ist. Dennoch war die Analyse aussagekräftig genug, um die abgezielten Untersuchungen fortzuführen.

Die erste Analysefrage, ob Aktivitäten in Confluence zu verzeichnen sind, lässt sich demnach mit *ja* beantworten. Außerdem wurde festgestellt, dass in Confluence insgesamt mehr Aktionen verzeichnet wurden als in den Wochen zuvor. Daraufhin wurde die zweite Analysefrage formuliert: „Erstellten oder aktualisierten die einzelnen Teilnehmenden in der vierten Woche Inhalte in Confluence?“. In Abbildung 16.12 ist unten zu sehen, dass die *CREATE* und *UPDATE* Aktivitäten sehr gering sind. Einige Teilnehmende scheinen

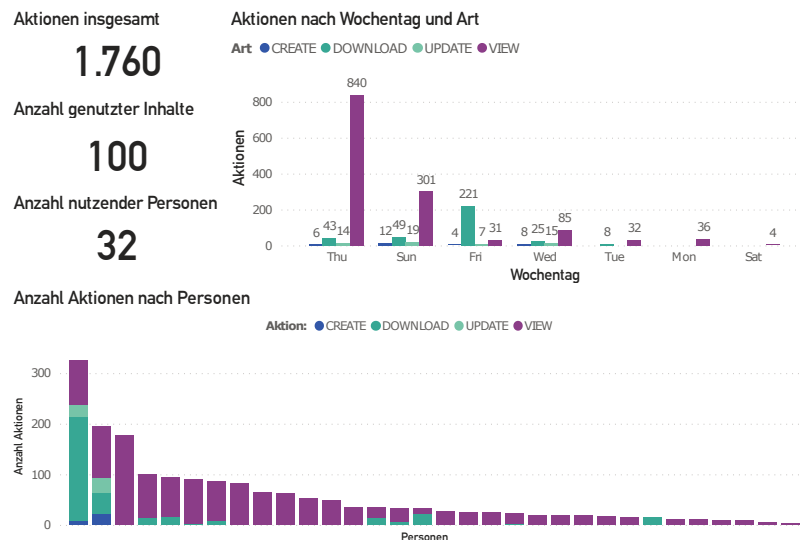


Abbildung 16.12: Untersuchung der Verteilung der Aktivitäten in Confluence auf die Personen (Veranstaltende, Teilnehmende, AnalytikerInnen, externe Personen) sowie auf die Wochentage für die vierte Woche der Lehrveranstaltung DA22. Erstellt mit Power BI.

nichts erstellt und nichts aktualisiert zu haben. Die Untersuchung der ergänzenden dritten Analysefrage „Wie verteilten sich die Aktionen in der vierten Woche auf die Wochentage?“ zeigte (Abbildung 16.12 oben rechts) außerdem, dass die meisten Aktivitäten am Donnerstag stattfanden. Die VeranstalterInnen stellten sich somit die Frage, wie und wo die Teilnehmenden ihre Ergebnisse dokumentierten.

Dies ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie wichtig es ist, die Daten und die Art ihrer Aufzeichnung zu kennen und zu verstehen, um Fehlschlüsse zu vermeiden. Denn eine *CREATE* Aktivität wird nur aufgezeichnet, wenn ein Blog, eine Page oder ein Anhang erstellt wird. Eine *UPDATE* Aktivität nur, wenn die Änderungen einer zuvor erstellten Entität veröffentlicht werden. Demnach sind die Daten möglicherweise nicht repräsentativ, wenn z. B. einige Teilnehmende über mehrere Stunden kollaborativ eine Page bearbeiten und nur am Ende eine Person die Änderungen veröffentlicht.

Dennoch waren die Ergebnisse der Analyse so gravierend, dass die VeranstalterInnen die Confluence Spaces inspizierten. Dabei fanden sie verhältnismäßig wenig Inhalte vor. Dies wurde bei der Besprechung der Analysen zur Sprache gebracht und es stellte sich heraus, dass die Teilnehmenden weniger kollaborativ an ihren Aufgaben gearbeitet haben, als es beabsichtigt war, und ihr Vorgehen sowie ihre Ergebnisse teilweise lokal dokumentiert haben.

Die Teilnehmenden wurden daraufhin erneut dazu angehalten, ihre bisherige Dokumentation zu übertragen, gemeinsam an den Aufgaben zu arbeiten und diese (kollaborativ) in Confluence zu dokumentieren, um sie so allen zur Verfügung zu stellen.

Analyse: Business Intelligence - Nutzung Im Folgenden wird eine Analyse präsentiert, die allein oder ergänzend zu vorherigen Analysen eingesetzt werden kann, welche jedoch erst kurz vor Ende von DA22 zum ersten Mal durchgeführt wurde. Das Ziel war es, herauszufinden, wie sich die Nutzung der Softwareanwendungen (Jira, Confluence und Mat-

termost) über die Lehrveranstaltung verhält. Dazu wurden insgesamt drei Analysefragen aufgestellt, welche schlussendlich zu dem in Abbildung 16.13 dargestellten Liniendiagramm geführt haben.

- Wie viele Aktionen sind in den einzelnen Softwareanwendungen in jeder Woche festzustellen (Jira Status und Worklog, Confluence Access Log sowie Mattermost Messages)?
- Verhält sich die Nutzung der Softwareanwendungen ähnlich oder gibt es zwischen den Wochen Unterschiede?
- Wenn in einer Woche viele Aktionen zu verzeichnen sind, gilt das dann für alle Softwareanwendungen oder stechen einige besonders hervor?

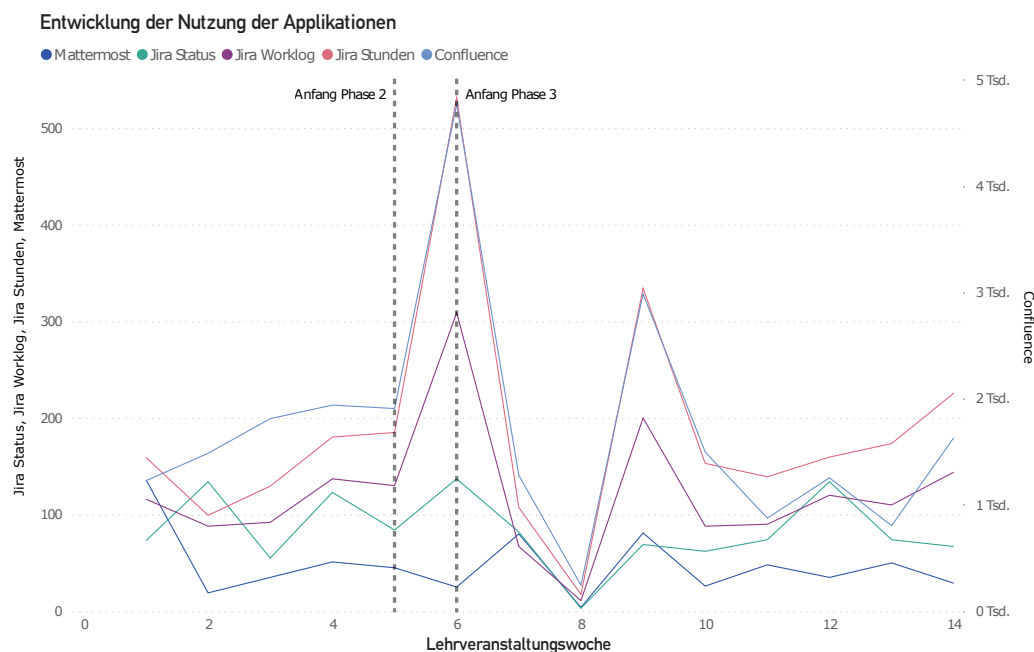


Abbildung 16.13: Untersuchung der wöchentlichen Aktivitäten in Mattermost (Nachrichten), Jira (Statusänderungen, Arbeitszeitbuchungen, Arbeitsstunden) und Confluence (*CREATE*, *DOWNLOAD*, *UPDATE*, *VIEW*) über die vierzehn Wochen der Vorlesungszeit der Lehrveranstaltung DA22 hinweg. Die rechte y-Achse gibt die Anzahl der Aktivitäten in Confluence an. Erstellt mit Power BI. [Ähnliche Diagramme sind in [Simic 2023, Abbildung 6.4] und [Simic u. a. 2023, Figure 5, S. 7] dargestellt.]

In der Abbildung 16.13 ist abgebildet, wie viele Aktivitäten in den Softwareanwendungen in den einzelnen Wochen aufgezeichnet wurden. Während die Aktivitäten für Jira dreigeteilt sind, werden für Mattermost und Confluence jeweils nur eine Linie dargestellt. Um die Aktivitäten in Confluence mit denen der anderen Softwareanwendungen sinnvoll in einem Diagramm darzustellen, wurde für Confluence eine zweite y-Achse (rechts) mit einer adäquaten Skalierung eingeführt. Als Grundlage dienten die entsprechend gefilterten Mattermost Message (Team DA22), Jira Status, Jira Worklog (alle DA22 Projekte) und Confluence Access Log (alle DA22 Spaces) Daten.

Die Jira Stunden und die Confluence Aktivitäten decken sich phasenweise auffällig stark. Dies ist der angepassten Skalierung der Confluence Aktivitäten geschuldet. Dennoch lässt sich daraus ein Zusammenhang ableiten. Es scheint so, als würden bei mehr Arbeitsstunden häufig auch mehr Confluence Aktivitäten anfallen.

Der Rückgang in Woche 8 kennzeichnet die einwöchigen Pfingstferien, die in dieser Woche an der Universität Hamburg stattfanden. Außerdem lässt sich insbesondere ein Unterschied der Phasen 1 und 3 zu der Phase 2 (Blocktermin) ausmachen. Da in dieser Woche eine Präsenzzeit von ca. 18 Stunden gefordert war, ist dies nicht verwunderlich. Deutlich ist auch die Abnahme der Aktivitäten zu Beginn von Phase 3 (Woche 7) zu erkennen, welche unter das Niveau vom Ende der Phase 1 (Woche 5) fallen. Dafür scheinen die Teilnehmenden nach Pfingsten (Woche 9) besonders motiviert gestartet zu sein.

Die Aktivitäten (Nachrichten) in Mattermost sind konstant tief und decken sich mit vorherigen Analysen sowie der Erkenntnis aus den Rücksprachen, dass die Teilnehmenden vermehrt auf andere textbasierte Kommunikationsdienste gesetzt haben – trotz wöchentlicher Aufforderungen, Mattermost zu nutzen.

Insgesamt lassen sich hier deutlich Wochen erkennen, in denen die Teilnehmenden besonders aktiv waren. Zu diesen zählen, neben den bereits erwähnten, auch die Wochen 4 und 5 (Vorbereitung auf den Blocktermin, Phase 2) sowie die letzte Woche der Vorlesungszeit. Weiterführend könnte z. B. die Vorlesungszeit mit der vorlesungsfreien Zeit verglichen werden. Es könnte außerdem ein Vergleich zwischen den Teams (schwierig aufgrund der Pseudonymisierung) oder ganzen Lehrveranstaltungen angestrebt werden.

Darüber hinaus können aus dieser Analyse für zukünftige Lehrveranstaltungen Rückschlüsse gezogen werden. Es könnte versucht werden, den geringen Aktivitäten zum Start von Phase 3 mit weiteren Hilfestellungen entgegenzuwirken, damit die Teilnehmenden wissen, wie sie vorgehen sollten. Auch können hier Wochen identifiziert werden, in denen potenziell, vermehrt Rückfragen der Teilnehmenden auftreten und somit mehr Zeit der Veranstaltenden in Anspruch genommen wird. Außerdem könnte eine solche Analyse in Zukunft von Beginn an (spätestens ab Woche 2) eingesetzt und den Teilnehmenden präsentiert werden, um ihr Bewusstsein über das Aktivitätsniveau zu stärken.

Beurteilung und Grenzen Es ließen sich noch etliche weitere Beispiele vorstellen und besprechen, um die Möglichkeiten der Datenanalysen aufzuzeigen. Stattdessen werden hier die, in Tabelle 16.3 aufgeführten Hypothesen, diskutiert, die nicht bestätigt werden konnten, sowie einige Grenzen der Datenanalyse in der exemplarischen LLUA aufgezeigt.

In den analysierten Lehrveranstaltungen konnten zwar Abschnitte identifiziert werden, in denen von allen oder auch nur von einigen Teilnehmenden bzw. Teams weniger Aktivitäten zu verzeichnen waren, jedoch ließen sich keine Abschnitte oder Zeitpunkte identifizieren, die gehäuft zu einem Abbruch der Lehrveranstaltung der Teilnehmenden geführt haben. Dies hat den Grund, dass insgesamt nur sehr wenige Teilnehmende die analysierten Lehrveranstaltungen abgebrochen haben und somit keine verlässlichen Aussagen getroffen werden konnten.

Die Reflexion der Nutzung der Materialien konnte nicht so detailliert angeregt werden, wie erhofft. Zwar ließen sich aus den Confluence Access Log Daten einige wichtige Erkenntnisse gewinnen, jedoch haben sowohl PM Analysen, die z. B. die Reihenfolge der Aufrufe der Materialien untersuchten, als auch BI Analysen, die z. B. die gehäufte Nutzung einiger Materialien anzeigten, bisher keinen Informationsgewinn geliefert. Die Prozesse der Auf-

rufe der Materialien waren zu unübersichtlich und es ließen sich keine aufschlussreichen Muster ausfindig machen. Die Häufung der Nutzung einiger Materialien zu bestimmten Zeitpunkten war für die Veranstaltenden erwartungsgemäß. So wurden sie durch die Analyseergebnisse in der zukünftigen Bereitstellung dieser Materialien bestärkt.

Im Kontext einiger Lehrveranstaltungen wurden erste Ansätze verfolgt, die Daten der eingesetzten Git-Repositories zu untersuchen. Die Git Daten konnten ebenfalls in die einheitliche Pseudonymisierung (Autoren/Personen) integriert werden. Die daraufhin ermöglichten Analysen ähneln den hier präsentierten Analysen, die z. B. die Anzahl bestimmter Aktivitäten (*Commits*) nach Teilnehmenden, Wochentagen oder Wochen aufzeigen. In den Lehrveranstaltungen ab 2021 wurden die Git-Analysen nicht weiterverfolgt. Dies ist auf der einen Seite der geringen Priorisierung des Autors dieser Arbeit sowie dem geringen Interesse der Teilnehmenden der PM und DA Lehrveranstaltungen für dieses Forschungsfeld geschuldet. Auf der anderen Seite wurde in den PM und DA Lehrveranstaltungen Git nicht mehr eingesetzt. In den AOSE-Lehrveranstaltungen hingegen ist die Anzahl der eingesetzten Git-Repositories gestiegen, sodass für jede Lehrveranstaltung ein unverhältnismäßig individueller Aufwand für die Datenvorverarbeitung notwendig gewesen wäre.

Zu diesem Zeitpunkt wurden nur wenige Versuche unternommen, die Teilnehmenden mittels Analysen dabei zu unterstützen, andere geeignete Teilnehmende für die Zusammenarbeit zu finden. Hauptsächlich wird diese Untersuchung durch die Verwendung pseudonymisierter Daten negativ beeinträchtigt. Es lassen sich zwar Zeiträume innerhalb einer Woche identifizieren, in denen die jeweiligen Teilnehmenden gehäuft aktiv sind, jedoch fehlt für eine tatsächliche Unterstützung das Wissen darüber, um welche Teilnehmenden es sich handelt. Außerdem sind diese Daten aufgrund der frühen Teambildung in den untersuchten Lehrveranstaltungen ggf. nicht repräsentativ.

Mittels der exemplarischen LLUA konnten bis zu diesem Zeitpunkt einige Daten, die potenziell einen Mehrwert beinhalten können, nicht aufgezeichnet bzw. analysiert werden. Dazu zählen z. B. die Daten der Sprach- und Videochats in BigBlueButton (BBB). Eine BBB-Instanz wird vom Informatikrechenzentrum der Universität Hamburg betrieben und somit war kein gesonderter Zugriff auf die Daten der korrespondierenden Lehrveranstaltungen möglich. Diese könnten z. B. die Analysen um die kooperierenden und kollaborierenden Teilnehmenden bereichern. Durch die Auswertung von Gesprächsanteilen könnten darüber hinaus z. B. besonders aktive oder wenig aktive Teilnehmende (bzw. ihre Pseudonyme) identifiziert werden.

Auch wurden zur Wahrung des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte keine Textinhalte von Jira, Confluence und Mattermost untersucht. Diese könnten das Potenzial bieten, weitere Zusammenhänge zu erschließen.

Bis auf die Durchführung von technisch gestützten Umfragen (s. z. B. Abbildung 12.15, S. 308), wurden bisher keine Versuche unternommen, Daten aufzuzeichnen bzw. auszuwerten, die nicht bei der Benutzung der technischen Umgebung selbst entstehen. Zu denen, die nicht ausgewertet wurden, zählen z. B. Anwesenheitslisten, Noten und von den Teilnehmenden angegebenes Vorwissen.

In diesem Abschnitt wurde nur eine kleine Auswahl von Analysen präsentiert, welche einen Eindruck möglicher Analysen und ihrer Auswirkungen bieten soll. Außerdem wurden die Möglichkeiten der Datenanalyse, welche die exemplarische LLUA bietet, nicht erschöpfend ausgenutzt. Somit können auch diesbezügliche Grenzen nicht umfänglich und abschließend benannt werden. Die getroffene Auswahl deckt die grundsätzlich relevanten

konzeptionellen Ansätze ab. Weitere Analysen sind im Wesentlichen spezielle Abwandlungen oder Erweiterungen der präsentierten Auswahl.

16.1.3 Untersuchung von Anpassungsvorschlägen

Tabelle 16.4: Gegenüberstellung der Subforschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Untersuchung von Anpassungsvorschlägen“.

Forschungsfrage	Hypothese
Wie können die Auswirkungen der Anpassungsvorschläge untersucht werden?	Die Auswirkungen der Analyseergebnisse lassen sich durch eine spätere Wiederholung der Datenanalysen untersuchen.

Im Kontext von [Simic 2023] konnte unter der Anleitung des Autors dieser Arbeit und in Kooperation mit diesem gezeigt werden, dass die Auswirkungen von Anpassungsvorschlägen mittels späterer wiederholender Datenanalysen untersucht werden können. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Ansätze erprobt, wie z. B. die Wiederholung der gleichen Analyse auf einen späteren Zeitraum angewendet und ein anschließender Vergleich sowie die Darstellung der Entwicklung über die Zeit hinweg (wie in Abbildung 16.13 dargestellt).

Anhand der Untersuchungen konnte außerdem ermittelt werden, dass die wöchentliche Erinnerung an die Anpassungsvorschläge und Generierung neuer Anpassungsvorschläge in der eng betreuten Phase (Vorlesungszeit) einen positiven Trend in der angestrebten Nutzung der technischen Umgebung erzeugt haben. In der weniger eng betreuten Phase (vorlesungsfreie Zeit), konnte kein positiver Trend beobachtet werden.

Wie bereits vorne angekündigt, soll hier die Untersuchung des Anpassungsvorschlags, die Jira Issue Status entsprechend des Fortschritts der Aufgaben/Tätigkeiten zu setzen, als Beispiel dienen. In Abbildung 16.10 sind die Daten der ersten beiden Wochen untersucht worden. Besonders negativ ist dabei aufgefallen, dass der Übergang von *In Progress* nach *Done* im Median nach nur 6,5 Sekunden erfolgte. Diese Analyse wurde jede Woche erneut durchgeführt und ihre Ergebnisse mit den vorherigen Wochen verglichen. Nach Woche 6 ergab sich der Prozess, welcher in Abbildung 16.14 zu sehen ist.

Im Folgenden wird ausschließlich der Übergang von *In Progress* nach *Done* näher betrachtet. In Abbildung 16.15 ist der Median für diesen Übergang jeweils für die einzelnen Wochen und für die gesamte Zeitspanne (die vorherigen Wochen werden miteingeschlossen) dargestellt. Um die Nachvollziehbarkeit zu erhöhen, sind außerdem die jeweilige Anzahl, also Vorkommnisse des Statusübergangs, abgebildet. Als Quelldaten für dieses Diagramm dienen die Metriken, die aus den jeweiligen Disco-Analysen als CSV-Datei exportiert werden können.

In Abbildung 16.15 ist zu erkennen, dass sich die Dauer des Statusübergangs von *In Progress* nach *Done* ab Woche 3 signifikant positiv entwickelt. Dies gilt sowohl für die Betrachtung der separaten Wochen als auch für die Summe über die Wochen hinweg. Im Median nähert sich die Summe der Dauer einem realistischen Wert von 77,90 Minuten an. Aufgrund dieser Entwicklung scheint der entsprechende Anpassungsvorschlag nach Woche 2 noch keine positive Auswirkung gehabt zu haben, jedoch nach Woche 3. Die

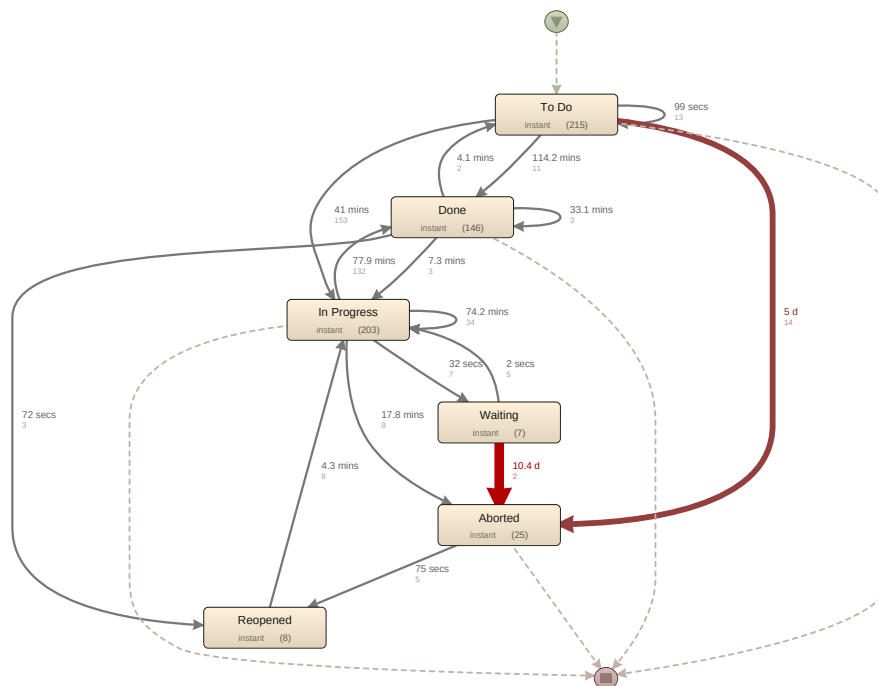


Abbildung 16.14: Prozess zur Untersuchung der Statusübergänge nach Zeit (median; obere Zahl an den Pfeilen) und absoluter Häufigkeit (untere Zahl an den Pfeilen). *Geminet* aus den Jira Status Daten der ersten sechs Wochen der Lehrveranstaltung DA22. Die Knoten sind die Status der Issues, die Pfeile geben das Vorkommen aufeinanderfolgender Status eines Issues an. Erstellt mit Disco.

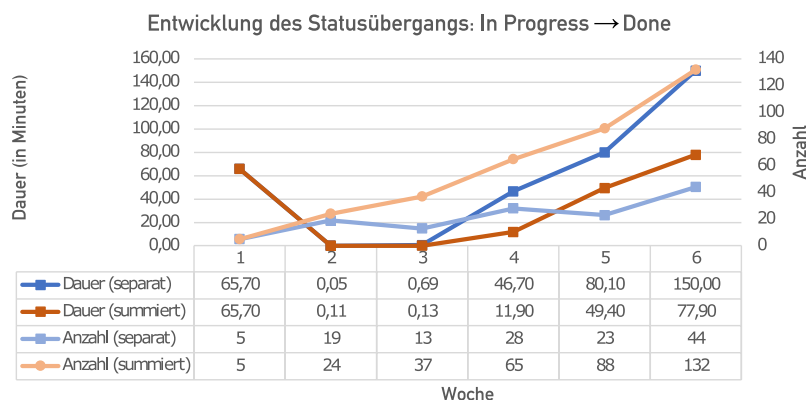


Abbildung 16.15: Liniendiagramm zur Untersuchung der Entwicklung der Dauer und der Anzahl des Statusübergangs von *In Progress* nach *Done* für die ersten sechs Wochen der Lehrveranstaltung DA22.

wiederkehrenden Analysen und Erinnerungen scheinen also dazu beizutragen, dass die Teilnehmenden lernen, die Status ihrer Issues zeitnah zu pflegen.

Dennoch ist anzumerken, dass die Anzahl dieser Statusübergänge – also der abgeschlossenen Aufgaben – als gering einzustufen ist. Auch diese verbessert sich erst nach der Woche 3. Insgesamt wurde diese Entwicklung von den Veranstaltenden als erfreuliches Ergebnis gewertet.

Weitere Untersuchungen der Auswirkungen von Anpassungsvorschlägen sind in [Simic 2023] nachzulesen.

16.2 Einsatz und Kommunikation der Analyseergebnisse

Damit die Datenanalysen ihren angestrebten Nutzen entfalten können, müssen deren Ergebnisse in die jeweilige Lehrveranstaltung eingebracht werden. In diesem Abschnitt werden ausgewählte Ansätze bewertet, welche in den betrachteten Lehrveranstaltungen beim allgemeinen Einsatz und mit unterschiedlichen Kommunikationsformen der Analyseergebnisse angewendet wurden.

Diese Thematik wurde in Teilen bereits zuvor in dieser Arbeit beleuchtet (s. Abschnitt 12.3.9 und Abschnitt 15.2.12). Die dort formulierten Inhalte, Erfahrungen und Bewertungen werden hier nicht wiederholt.

16.2.1 Gewinnbringender Einsatz

Tabelle 16.5: Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothesen für den Subbereich „Gewinnbringender Einsatz“.

Forschungsfrage	Hypothesen
Wie und wann können die Analyseergebnisse gewinnbringend eingesetzt werden?	Um einen Effekt auf die Personen zu haben, müssen aus den Analyseergebnissen Anpassungsvorschläge abgeleitet und diese zeitnah und verständlich kommuniziert werden. Effekte auf die Lehr- und Lernumgebung sind auch ohne zeitnahe Durchführung und Veröffentlichung möglich. Generell formulierte Anpassungsvorschläge, die für alle gelten könnten und keine einzelnen Personen adressieren, haben keinen Mehrwert. Die agierenden Personen müssen mindestens von den Veranstaltenden identifiziert werden, damit diese individuelle Anpassungsvorschläge formulieren können.

Die Teilnehmenden müssen von den Veranstaltenden eine Übersicht ihrer bisherigen Prozesse im Vergleich zu den idealen Prozessen bereitgestellt bekommen, um Veränderungen ihrer Verhaltensweisen ableiten zu können.

Zeitpunkte In Abschnitt 12.3.9 wurde bereits darauf hingewiesen, dass der Kommunikationsprozess und die Kommunikationsform, das Erläutern der Absichten der Datenanalysen, die Ermöglichung einer Besprechung und die Anregung der Selbstreflexion einen Einfluss auf den gewinnbringenden Einsatz der Analyseergebnisse haben können. Für den gewinnbringenden Einsatz wird hier zunächst der Zeitpunkt diskutiert, zu welchem die Analysen durchgeführt, wann sie veröffentlicht und wann die daraus erlangten Erkenntnisse eingesetzt werden. Grob kann hier die Einteilung nach „während einer Lehrveranstaltung“ und „zwischen Lehrveranstaltungen“ vorgenommen werden. Wie in der ersten Hypothese oben angenommen, haben die Erfahrungen gezeigt, dass die Veranstaltenden und Teilnehmenden für die Anpassung ihres Verhaltens zeitnahe Anpassungsvorschläge bevorzugen. Sie wünschen also ein schnelles Feedback, um ggf. verbesserungswürdiges Verhalten anzupassen bzw. gutes Verhalten beizubehalten oder zu intensivieren. Dies lässt sich mit den Erkenntnissen aus der DevOps-Kultur vergleichen, in welcher der *zweite Weg* einen schnellen und konstanten Fluss von Rückmeldungen etabliert und dadurch den *dritten Weg* ebnet, der ein kontinuierliches Lernen und Experimentieren fordert (s. [Kim und Forsgren 2021, S. 13 ff.]). Werden diese Anpassungsvorschläge von den Veranstaltenden und Teilnehmenden formuliert, so ließe sich außerdem von einem *selbstmodifizierenden System* [Kampis 1996] sprechen.

In diesem Kontext ließen sich auch die Auswirkungen von (*self-service*) Lösungen untersuchen, welche die Daten in „Echtzeit“ aufbereitet präsentieren und in einer elaborierten Fassung sogar konkrete Anpassungsvorschläge formulieren könnten, die aufgrund der Abweichung von idealen Fakten und/oder Prozessen abgeleitet werden.¹⁵

Kleinere Anpassungen der technischen Umgebung konnten häufig während einer Lehrveranstaltung durchgeführt werden, wie z. B. die Installation einer Erweiterung, um das Buchen von Arbeitszeiten zu verbessern (die Installation und Einführung von Worklog-PRO in Jira wurde während der PM20-Lehrveranstaltung vollzogen). Dadurch konnte auf der einen Seite die Benutzung für die Personen während der Lehrveranstaltung verbessert und auf der anderen Seite die Datenqualität erhöht werden. Bei größeren Anpassungen war es sinnvoller, diese zwischen den Lehrveranstaltungen durchzuführen, die Erkenntnisse also nicht sofort in Taten umzusetzen. Zu diesen zählt z. B. die Integration des PDI-Clients Spoon, welche zwischen den Lehrveranstaltungen PM19 und PM20 begonnen und dann sukzessive ausgebaut wurde.

Die Struktur der Lehrveranstaltungen grundlegend zu verändern, bot sich ebenfalls vorrangig zwischen den Lehrveranstaltungen an. Zwar wurden die Analysen, aus welchen die Erkenntnisse folgten, nicht immer erst nach Ablauf einer Lehrveranstaltung durchgeführt, jedoch wurden die Erkenntnisse erst dann in die Tat umgesetzt. In diesem Kontext hat

¹⁵Gian-Luca Gücük hat in seiner Bachelorarbeit [Gücük 2023] einen Ansatz erarbeitet, einige BI Analysen in Echtzeit zur Verfügung zu stellen. Zu dem Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit, wurden diese jedoch nicht ausreichend in Lehrveranstaltungen eingesetzt und erprobt, um hier integriert zu werden.

es sich als nützlich erwiesen, einen Ort zu schaffen, an welchem solche Erkenntnisse und erste Ideen für die Verbesserung für zukünftige Lehrveranstaltungen festgehalten werden können.

Allgemeine oder personenbezogene Anpassungsvorschläge Da sich bereits während der ersten untersuchten Lehrveranstaltung (PM19) dazu entschieden wurde, ausschließlich pseudonymisierte Daten zu analysieren, konnten die unterschiedlichen Auswirkungen von allgemeinen und personenbezogenen Anpassungsvorschlägen nicht erforscht werden. Dennoch konnte beobachtet werden, dass allgemeine Anpassungsvorschläge die Personen dabei unterstützen können, ihr eigenes Verhalten entsprechend anzupassen. Dies konnte in Teilen auch durch die Untersuchung der Auswirkungen von Anpassungsvorschlägen gezeigt werden.

Die Möglichkeit, personenbezogene Anpassungsvorschläge zu geben, könnte diesen Effekt jedoch noch verstärken, indem sich eine Person so auf die für sie relevanten Vorschläge konzentriert, ohne von den restlichen „abgelenkt“ zu werden. Außerdem könnten möglicherweise konkrete Vorschläge formuliert werden, die von den Personen leichter umzusetzen sind.

Auch hier wäre es interessant, die Auswirkungen des Einsatzes von *self-service* Lösungen zu erproben, welche eine einzelne Person in den Fokus stellen und von dieser selbst auf ihre Bedürfnisse und Interessen ausgerichtet werden können.

Bereitstellung idealer Fakten und Prozesse Damit die Personen Anpassungen ihrer Verhaltensweisen ableiten können, sollten sie zumindest eine Vorstellung davon haben, wie ein erstrebenswertes oder gewünschtes Verhalten geartet ist. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Beurteilung der durchgeführten Analysen und ihre Interpretation Übung verlangen. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts (für die Teilnehmenden) vorrangig die Bereitstellung von Anpassungsvorschlägen verfolgt. In diesem Zuge wurden den Teilnehmenden ideale Vorstellungen vermittelt, ohne z. B. konkrete Zahlen zu nennen. Die Analyseergebnisse wurden vermehrt zu didaktischen Zwecken (z. B. in den PM und DA Lehrveranstaltungen) und zur Förderung der Transparenz bereitgestellt.

Die Veranstaltenden der untersuchten Lehrveranstaltungen haben jedoch aus einem weiteren Grund die Bereitstellung idealer Fakten und Prozesse für die Teilnehmenden abgelehnt. Sie sahen darin die Gefahr, dass dadurch ein „datenbasiertes Arbeiten“ unter den Teilnehmenden gefördert werden könnte. Das heißt, dass die Teilnehmenden, um z. B. der idealen Kurve der investierten Arbeitszeit zu entsprechen, darin motiviert werden könnten, die Arbeitszeitbuchungen zu manipulieren. Aus manipulierten Daten ließe sich kein wahrer Informationsgewinn generieren.

16.2.2 Untersuchung der Kommunikationsformen

Tabelle 16.6: Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Untersuchung der Kommunikationsformen“.

Forschungsfrage	Hypothese
Welche Formen der Kommunikation der Analyseergebnisse und Anpassungsvorschläge eignen sich, welche nicht?	Textuelle und visuelle Formen der Kommunikation können durch sprachliche Formen unterstützt werden. Die ausschließlich sprachliche Kommunikation von Analyseergebnissen ist weniger geeignet.

Wie bereits auf Seite 307 beschrieben, bieten sich unterschiedliche Formen für die Kommunikation an. In diesem Forschungsprojekt wurde mit den folgenden Formen gearbeitet:

- Nur eine mündliche Zusammenfassung der Anpassungsvorschläge
- Nur eine Präsentation
- Nur ein Blog-Post
- Präsentation und Blog-Post kombiniert
- Blog-Post kombiniert mit mündlicher Zusammenfassung der Anpassungsvorschläge

Kommunikationsformen Die subjektiv wahrgenommene Unterstützung der Teilnehmenden durch die Datenanalysen wurde einmalig mittels einer Umfrage untersucht, welche bereits in Abbildung 12.15 dargestellt wurde. Demzufolge haben die Teilnehmenden „Nur eine Präsentation“ als beste Form eingestuft. In dieser Umfrage ist außerdem zu erkennen, dass eine rein textuelle und visuelle Form, in Gestalt eines Blog-Posts, in Relation zu den anderen Formen, weniger positiv bewertet wurde.

Dies bestätigte die subjektiv wahrgenommene Einschätzung der Veranstaltenden, dass die Teilnehmenden die Anpassungsvorschläge besser verarbeiten, wenn sie ihnen sprachlich erläutert und ihnen ihre Herleitung geschildert wird. In Rücksprachen mit den Veranstaltenden und Teilnehmenden (auch anderer Lehrveranstaltungen, als diese, in welcher die Umfrage durchgeführt wurde) ist außerdem das Bedürfnis betont worden, die Analysen und Anpassungsvorschläge zu besprechen – worauf bereits auf Seite 308 hingewiesen wurde.

Dennoch haben einige Veranstalter und Teilnehmende geäußert, dass sie nicht auf die textuelle und visuelle Bereitstellung verzichten möchten. Diese würde ihnen die Möglichkeit bieten, die Interpretationen und abgeleiteten Anpassungsvorschläge sowie die Entwicklung über die Zeit (Wochen) nachvollziehen zu können.

Aus diesen Gründen wird hier die Kombination aus einer textuellen und visuellen Bereitstellung mit einer mündlichen Präsentation als zu bevorzugen eingestuft.

Aus den Erkenntnissen der Datenanalyseprojekte, die im Rahmen der Lehrveranstaltungen DA22 und AOSE22WS durchgeführt wurden, haben die Autoren von [Simic u. a. 2023] Designprinzipien für BI-Dashboards abgeleitet. Diese werden in [Simic u. a. 2023, Table 1] kompakt präsentiert und hier nicht wiederholt.

Data vomit Die Bereitstellung der Analyseergebnisse, die zu allen gegebenen Anpassungsvorschlägen zugehörig sind, beinhaltet das Potenzial, die adressierten Personen mit der Menge an Informationen zu überfordern. In [Patil 2012] wird dieses Phänomen als *data vomit* bezeichnet, an anderen Stellen auch als *data puke*.

Bei den Analysen, die in dieser Arbeit präsentiert werden, wurde nach bestem Wissen darauf geachtet, dieses Phänomen zu vermeiden. Während der systematischen Untersuchung der Auswirkungen von Anpassungsvorschlägen während der DA22 Lehrveranstaltung, wurde den AnalytikerInnen vorgeworfen, mit ihren Blog-Posts entsprechend dieses Phänomens zu handeln. Die Blog-Posts zeigten alle, zu den Anpassungsvorschlägen zugehörigen, Visualisierungen, abgeleitete Tabellen und Interpretationen.

Dieser Sachverhalt wird bereits von Dejan Simic in seiner Bachelorarbeit diskutiert (vgl. [Simic 2023, S. 62]). Der Autor dieser Arbeit und er vertreten den Standpunkt, dass die Bereitstellung der Fülle an Informationen auf der einen Seite einem didaktischen Zweck und auf der anderen Seite der Förderung der Transparenz diene.

Hier soll darauf hingewiesen werden, dass die Inhalte und die Kommunikationsform individuell auf die Lehrveranstaltung und die Personen angepasst werden sollten. Da die Teilnehmenden von DA22 die Datenanalyse erlernen sollten, dienten die Blog-Posts als Beispiele. In einer Veranstaltung, welche die Datenanalyse nicht als Thema hat, sollten weniger Informationen veröffentlicht werden. Zum Beispiel wurden in der Lehrveranstaltung AOSE22WS, in welcher die Softwareentwicklung im Team im Fokus stand, nur wenige Visualisierungen zu den Anpassungsvorschlägen als Präsentation veröffentlicht und vorgetragen.

16.3 Beurteilung des Mehraufwands

Die Durchführung des gesamten Datenanalyseprozesses erzeugt einen Mehraufwand, welcher gegen den Nutzen abgewägt werden sollte. In diesem Subbereich des Forschungsprojekts wird der damit einhergehende Mehraufwand beleuchtet und diskutiert. Dazu werden u. a. besonders zeitintensive Teile des Datenanalyseprozesses identifiziert und Möglichkeiten der Automatisierung besprochen. Hinzu kommt der Aufwand für die Entwicklung, Installation, Konfiguration und Wartung einer entsprechenden technischen Umgebung (LLUA).

16.3.1 Ressourcen- und Arbeitsaufwand

Tabelle 16.7: Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothesen für den Subbereich „Arbeitsaufwand“.

Forschungsfrage	Hypothesen
Wie hoch ist der zusätzliche Ressourcen- und Arbeitsaufwand für die Durchführung der Analysen?	Die manuelle Durchführung des Analyseprozesses birgt einen hohen Aufwand, der für Veranstaltende – neben ihren Lehrtätigkeiten – nicht zu bewältigen ist.

Der zusätzliche Arbeitsaufwand für die Durchführung der Analysen verhält sich proportional zu dem Grad der Automatisierung des Analyseprozesses.

Der Ressourcenbedarf für die serverseitigen Softwareanwendungen einer LLUA kann von einer virtuellen Maschine gedeckt werden, die ähnlich wie ein heutzutage typischer mittelpreisiger Desktoprechner für Businesszwecke¹⁶ ausgestattet ist.

Die clientseitigen Softwareanwendungen einer LLUA können bereits auf heutzutage mittelpreisigen Notebooks für Businesszwecke¹⁷ ausgeführt werden.

Der Ressourcenbedarf der serverseitigen Softwareanwendungen hängt in Teilen davon ab, wie viele Personen parallel diese Anwendungen nutzen und welche Performanz erwartet/benötigt wird. Bei den clientseitigen Softwareanwendungen ist der Ressourcenbedarf in Teilen davon abhängig, wie groß die Datenmengen sind, die verarbeitet werden sollen. Es hat sich gezeigt, dass der Ressourcenbedarf der serverseitigen Softwareanwendungen bei einer parallelen Nutzung von 35 Personen mit 8 CPU-Kerne, 24 GB Arbeitsspeicher und 400 GB Speicherplatz sogar unter den Annahmen liegt. Für die clientseitigen Softwareanwendungen ist ein Notebook mit den angenommenen Ressourcen empfehlenswert¹⁸.

Der Arbeitsaufwand für die Durchführung der Datenanalysen hängt stark davon ab, welche Schritte des Datenanalyseprozesses bereits vorbereitet oder sogar automatisiert sind. Nach der Einschätzung des Autors dieser Arbeit, sollten Veranstaltende davon absehen, innerhalb einer Woche, ohne bisherige Vorbereitungen die Datenvorverarbeitung und -analyse sowie Bereitstellung und Kommunikation der Ergebnisse anzustreben. Natürlich ist dies möglich und wird z. B. durch die Qualität und Verteilung über verschiedene Quellen der Daten beeinflusst – also davon, wie aufwendig die Daten vorverarbeitet werden müssen – sowie davon, wie viel Zeit den AnalytikerInnen zur Verfügung steht. Außerdem sollte geprüft werden, ob z. B. die verwendeten Projektmanagementwerkzeuge Analysefunktionen integriert haben, welche dabei helfen, die gewünschten Informationen zu generieren, oder ob in Zukunft solche Werkzeuge eingesetzt werden sollten, um auf den gesamten *Datenanalyse Stack* verzichten zu können.

Begleitend zu den Lehrveranstaltungen DA22 und AOSE22WS wurden phasenweise wöchentliche Analysen zu Daten von Jira, Confluence und Mattermost durchgeführt. Für diese war die Datenvorverarbeitung, bis auf einige Fehlerkorrekturen, vorbereitet und automatisiert. In den ersten Wochen von DA22 wurden die Analysen in Power BI, Disco

¹⁶Ungefähr 1.000 €, 12 CPU-Kerne, 32 GB Arbeitsspeicher und 512 GB SSD Speicher.

¹⁷Ungefähr 800 €, 6 CPU-Kerne, 16 GB Arbeitsspeicher und 512 GB SSD Speicher.

¹⁸Im Rahmen eines Versuchs wurden die clientseitigen Softwareanwendungen in einer virtuellen Maschine mit begrenzten Ressourcen ausgeführt. Eine subjektiv empfundene akzeptable Untergrenze schienen hier 4 CPU-Kerne und 4 GB Arbeitsspeicher zu sein.

und ProM erstellt. Je konkreter diese Analysen vorbereitet waren, desto weniger Zeit benötigten die beiden AnalytikerInnen bis zu der endgültigen Bereitstellung. Die Erstellung eines umfangreichen Blog-Posts sowie die Vorbereitung der Besprechung haben zum Ende in etwa zwei Stunden für eine der beiden AnalytikerInnen in Anspruch genommen. In AOSE22WS wurde auf die Erstellung der umfangreichen Blog-Posts verzichtet. Dadurch konnte die Arbeitszeit auf etwa eine Stunde reduziert werden.

Dass mit fortschreitender Vorbereitung der Analysen weniger Zeit für die Durchführung benötigt wird, ist keine Überraschung. Diese Schilderung soll jedoch verdeutlichen, wie wichtig es ist, diese Vorbereitungen größtenteils vor dem Beginn eines nächsten Semesters zu vollziehen. Frühere Versuche von Veranstaltenden, diese Tätigkeiten parallel zur laufenden Lehrveranstaltung (in der Vorlesungszeit) durchzuführen, haben insgesamt erheblich weniger Analysen ergeben.

Genaue Arbeitszeitangaben sind aufgrund des iterativen Charakters der Entwicklung über mehrere Semester hinweg leider nicht zu machen.

16.3.2 Zeitintensive Teile des Datenanalyseprozesses

Tabelle 16.8: Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Zeitintensive Teile des Datenanalyseprozesses“.

Forschungsfrage	Hypothese
Welche Teile des Datenanalyseprozesses benötigen besonders viel Zeit?	Der Teil des Datenanalyseprozesses, in dem die Daten vorverarbeiten und für Analysen nutzbar gemacht werden, wird am meisten Zeit benötigen.

Von den AnalytikerInnen (Veranstaltende sowie Teilnehmende) wurde die Erstellung des gesamten ETL-Prozesses (inkl. Pseudonymisierung, Bereinigung, Fehlerkorrektur etc.) als am zeitintensivsten empfunden. Darauf folgte, die benötigten Daten aufzufinden, zu verstehen sowie diese hinsichtlich ihrer Qualität und Risiken zu untersuchen. Dies deckt sich mit der in Abbildung 16.7 präsentierten Analyse. Während *Data Pre-processing* und *Data Integration* zu der Erstellung des ETL-Prozesses zu zählen sind, ist das Auffinden und Untersuchen der Daten in *Data Understanding* einzuordnen. Dass dies nicht Unzulänglichkeiten der entwickelten technischen Umgebung (der exemplarischen LLUA) zuzuschreiben ist, lässt eine Umfrage [Press 2016] erahnen, auch wenn diese bereits im Jahr 2016 veröffentlicht wurde. Dieser zufolge verbringen Datenanalysten etwa 80% ihrer Zeit mit dem Vorbereiten und Managen der Daten.

16.3.3 Automatisierung des Datenanalyseprozesses

Tabelle 16.9: Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Automatisierung des Datenanalyseprozesses“.

Forschungsfrage	Hypothese
Welche Teile des Datenanalyseprozesses lassen sich automatisieren, welche nicht?	Wenn ausreichend Ressourcen zur Verfügung stehen, lässt sich der gesamte Datenanalyseprozess automatisieren. Davon ausgenommen sind die Erzeugung der Daten durch Benutzung der technischen Infrastruktur der agierenden Personen sowie die kollaborative Interpretation und die zwischenmenschliche Kommunikation der Analyseergebnisse.

Im Kontext dieses Forschungsprojektes wurde die Automatisierung unterschiedlicher Bereiche des Datenanalyseprozesses erprobt.

Festzuhalten ist, dass alles, was in einen einfach wiederholbaren (am besten per Knopfdruck) ETL-Prozess integriert werden kann, bereits einer Automatisierung entspricht, da die einzelnen Schritte nicht per Hand durchgeführt werden müssen. Außerdem war es möglich, einen solchen Prozess mittels des PDI-Servers zur gewünschten Uhrzeiten wiederholt auszuführen. Ist dieser Teil soweit vorbereitet, können die DatenvisualisiererInnen auf entsprechend aktuelle Daten zugreifen, ohne dass dazu weitere manuelle Tätigkeiten vollzogen werden müssen.

Außerdem wurden erste Ansätze verfolgt, um automatisiert Fehler in den Daten zu detektieren. Dazu wurde z. B. überprüft, ob die Zeitstempel in dem extrahierten sowie abgezielten Zeitraum liegen, die gebuchten Arbeitsstunden realistische Werte aufweisen und Datenfelder Inhalte aufweisen, welche nicht leer sein sollten bzw. dürfen. Eine automatisierte Detektion von Ausreißern, wie z. B. in [Santos 2019] entwickelt, wurde bisher nicht erprobt, scheint jedoch möglich zu sein.

Zusätzlich wurden die Daten z. B. um fehlende Events angereichert, welche die Durchführung der Analyse erleichterten. Zu diesen zählt u. a. das Hinzufügen initialer *To Do* Status für die Jira Issues (vgl. Seite 353).

Wie bereits zuvor erwähnt, wurden im Kontext der Bachelorarbeit von Gian-Luca Gücük erste Ansätze verfolgt, Analysen zu erstellen, welche die Daten in „Echtzeit“ repräsentieren. Dazu wurde von ihm u. a. das BI-Werkzeug *Metabase* [Metabase 2024] eingesetzt, welches die Verwendung über eine Weboberfläche anbietet. Durch die Wiederverwendbarkeit der erstellten *Dashboards* bietet auch Power BI in der kostenlosen Variante eine partielle Automatisierung, indem die, den Visualisierungen zugrundeliegenden, Daten per Knopfdruck aktualisiert werden können. In der kostenlosen Variante können diese jedoch nicht automatisiert online veröffentlicht werden.

16.3.4 Unterstützung der Installation, Konfiguration und Wartung

In Teilen wurde dieses Themengebiet vor dem Hintergrund seiner Anforderungen bereits in Abschnitt 14.2 und Abschnitt 15.2 betrachtet. Diskutiert wird es erst in dem folgenden Kapitel (s. Abschnitt 17.1, S. 411), da die Installation, Konfiguration und Wartung einer LLUA nicht nur den Bereich der Datenanalyse, sondern auch den des Planens und Koordinierens betrifft.

16.4 Zusammenfassung

Anhand einiger Datenanalysen wurde gezeigt, welchen Mehrwert und welche Auswirkungen diese haben können. Dazu wurden in projektbasierten Lehrveranstaltungen durchgeführte Analysen herangezogen und beschrieben. Die Nutzung der Datenanalyseergebnisse hatte sowohl auf die Veranstaltenden und die Teilnehmenden als auch auf die Lehrveranstaltung positive Auswirkungen.

Der gewinnbringende Einsatz dieser Ergebnisse kann von der Kommunikationsform dieser abhängen. Es wird dazu geraten, die Präsentation der Ergebnisse mit einer Besprechung dieser einhergehen zu lassen und die Personen, deren Daten analysiert wurden, aktiv um Rückmeldungen zu bitten, wie sie diese wahr- bzw. aufnehmen.

Der Aufwand für den gesamten Datenanalyseprozess ist nicht zu vernachlässigen. Ohne entsprechende Vorbereitung sollte der angestrebte Zeithorizont für die Veröffentlichung neuer Analysen konservativ angesetzt werden. Ist der Datenvorverarbeitungsprozess größtenteils automatisiert, so verringert sich dieser Aufwand und ermöglicht eine zeitnahe Durchführung der Analysen sowie eine gewinnbringende Nutzung ihrer Ergebnisse.

17 Übergreifende Betrachtung

Während die meisten zu diskutierenden und evaluierenden Themen und Ergebnisse dieses Forschungsprojekts einem der drei Untersuchungskomplexe (siehe die drei vorangegangenen Kapitel) zugeordnet werden können, erstrecken sich andere über mehrere. In diesem Kapitel werden diese Themen vor dem Hintergrund der Entwicklung und der Nutzung einer LLUA mit dem Rahmenwerk sowie der Generalität der gewählten Ansätze betrachtet.

17.1 Entwicklung einer LLUA mit dem Rahmenwerk

In den Kapiteln 14 und 15 wurde u. a. bereits erörtert, inwiefern die konkreten Inhalte des Rahmenwerks bei der konzeptionellen Entwicklung einer LLUA unterstützen. Hier wird die Wahl der Konzepte (Projekte und Multiagentensysteme) für die systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen zur konzeptionellen Entwicklung sowie die praktische Unterstützung bei der technischen Installation, Konfiguration und Wartung einer gesamten LLUA diskutiert.

17.1.1 Systematische Betrachtungsweise

Die agentenorientierte Perspektive auf die menschlichen und technischen Umgebungen hat den Autor dieser Arbeit und andere beitragende Personen während der Entwicklung der LLUA und des Rahmenwerks dabei unterstützt, diese beiden Umgebungen weniger voneinander getrennt zu betrachten. Die technische Umgebung wurde dabei explizit an die Bedürfnisse der menschlichen Umgebung angepasst. Jedoch musste sich auch die menschliche Umgebung selbst anpassen oder durch explizite Instruktionen (z. B. Verhaltenskonventionen) an die technische Umgebung anpassen bzw. angepasst werden. Somit war ein Wechselspiel zu beobachten, welches mittels einheitlicher Techniken modelliert werden konnte.

Zum einen hätte ohne eine systematische Betrachtungsweise ein gemeinsamer Nenner dieser beiden Umgebungen gefehlt. Zum anderen leistet diese einen Beitrag zur Übertragung der Ergebnisse auf andere – hier nicht betrachteten – projektbasierten Lehrveranstaltungen und soll somit dabei unterstützen, das Rahmenwerk in unbekannten Umgebungen einzusetzen. Dazu tragen z. B. die einheitlichen Rollen, Prozesse bzw. Vorgehensmodelle und die einheitliche Terminologie bei.

Auf welche Weise und aus welchen Gründen projektbasierte Lehrveranstaltungen gut auf Multiagentensysteme (MAS) abgebildet werden können, wurde bereits in Abschnitt 5.1 hergeleitet. Hinzu kommt, dass dies ein offenes Forschungsprojekt ist, das die iterative Entwicklung und somit ständige Anpassung des Rahmenwerks in den Vordergrund stellt. Die Agentenorientierung integriert auf natürliche Weise die Dynamik von Systemen, da Agenten z. B. auf veränderte Umstände reagieren und sich anpassen können, um ihre Ziele zu erreichen (vgl. [Weiss und Jakob 2004]).

Die rudimentäre konzeptionelle Integration der MULAN- und BDI-Agenten (s. Abschnitt 10.2.4) hat dazu beigetragen, die Ziele und Lösungsstrategien der AkteurInnen in den Fokus zu rücken und gleichzeitig eine flexible Sicht auf die Schachtelung von Konzepten zu ermöglichen (vgl. Abbildung 5.1, S. 107 und Abbildung 10.3, S. 216).

Im Kontext dieser Arbeit wären im Hinblick auf die Absicht der Datenanalysen als Modellierungstechnik z. B. die (geschäfts)prozess-¹ oder datenorientierte² Modellierung Alternativen für die zentrale Betrachtungsweise gewesen. Beide haben, aus der Sicht des Autors dieser Arbeit, jedoch den Nachteil, dass sie die Individuen – also in diesem Falle, die Personen – und ihre Bedürfnisse nicht ausreichend berücksichtigen. Außerdem wurde Wert daraufgelegt, kein daten- oder prozessbasiertes Arbeiten der Veranstaltenden und Teilnehmenden zu fördern (vgl. Seite 403).

Um die Personen stärker in den Fokus zu rücken, hätten alternativ z. B. Ansätze und Konzepte der objektorientierten³ oder komponentenbasierten⁴ Softwareentwicklung eingesetzt werden können. Mit beiden ließe sich z. B. das genutzte Rollen-Konzept abbilden, doch es fehlt ihnen an dem Grundgedanken autonom handelnder Entitäten. Da in diesem Forschungsprojekt soziotechnische Systeme (projektbasierte Lehrveranstaltungen) betrachtet werden, wurde das Multiagentenparadigma als intuitivere Beschreibung empfunden, anstatt Personen als Objekte zu betrachten.

Dass die hier genannten alternativen Betrachtungsweisen bzw. Paradigmen nicht als zentrale Betrachtungsweise gewählt wurden, bedeutet nicht, dass diese in dieser Arbeit keine Anwendung gefunden haben. Das Rahmenwerk selbst ist strukturell zwar als MAS gedacht und konzipiert worden, die gewählte Präsentation seiner Struktur (Cluster, Module und Komponenten) ist jedoch stärker an die strukturelle Beschreibung der objektorientierten Programmierung angelehnt. Das entsprechende Mapping ist in Abbildung 10.3 dargestellt. Zusätzlich wurde auch die Prozessorientierung z. B. für das „Konzept der Abbildung“ (S. 220) und zur Beschreibung des Vorgehensmodells für die Datenanalyse eingesetzt (s. Abbildung 10.8 und Abbildung 12.8).

Die agentenorientierte Perspektive hat die Entwicklung der LLUA und des Rahmenwerks in allen Phasen adäquat bei der konzeptionellen, technischen und menschlichen Betrachtung unterstützt. Sie hat dazu beigetragen, die Individuen in den Mittelpunkt der Entwicklung zu stellen und eine Umgebung zu schaffen, welche nicht nur einen wissenschaftlichen Nutzen (Ermöglichung von Datenanalysen in projektbasierten Lehrveranstaltungen), sondern auch eine Unterstützung für die Personen in Lehrveranstaltungen darstellt.

¹Modellierung der Aufeinanderfolge, Abhängigkeiten und Interaktionen von Aktivitäten.

²Modellierung der Strukturen, Relationen und Flüsse von Daten.

³Jacobson u. a. 1992.

⁴Heineman und Councill 2001.

17.1.2 Unterstützung der Installation, Konfiguration und Wartung

Tabelle 17.1: Gegenüberstellung der Forschungsfrage sowie der -hypothese für den Subbereich „Unterstützung der Installation, Konfiguration und Wartung“.

Forschungsfrage	Hypothese
Wie und womit lassen sich die Administrierenden/Veranstaltenden bei der Installation, Konfiguration und Wartung einer LLUA unterstützen?	Die Administrierenden/Veranstaltenden lassen sich durch das Rahmenwerk generell nur bedingt bei der Installation, Konfiguration und dem Betreiben einer LLUA unterstützen. Für eine effektive Unterstützung werden z. B. Anleitungen, Konfigurationsdateien und Skripte benötigt. Diese könnten aber nur im konkreten Fall für bereits ausgewählte Werkzeuge bereitgestellt werden.

Um die Entwicklung und Inbetriebnahme einer LLUA zu unterstützen, wurde eine Kombination aus prinzipiellen Anweisungen, die für jegliche LLUA genutzt werden können, sowie konkreten Instruktionen und Konfigurationsdateien, die sich speziell auf die Softwareanwendungen der exemplarischen LLUA beziehen, gewählt. Diese sind im Handbuch enthalten⁵. Die prinzipiellen Anweisungen konnten außerdem dafür verwendet werden, neue Personen an die administrativen Tätigkeiten der exemplarischen LLUA heranzuführen.

Die ausführlichen Beschreibungen des Setups der einzelnen Softwareanwendungen der exemplarischen LLUA können dafür benutzt werden, die exemplarische LLUA aufzusetzen – abzüglich der vom Rechenzentrum der Informatik der Universität Hamburg zur Verfügung gestellten Dienste. Durch den Einsatz von Docker und den zum Download zur Verfügung gestellten `docker-compose.yml` Dateien sowie weiterer Konfigurationsdateien, konnte der Setupaufwand verringert und die Plattformunabhängigkeit erhöht werden. Zwar wird dadurch eine stark konkretisierte Unterstützung geboten, jedoch ist es auch möglich, nur einzelne Softwareanwendungen auszutauschen und die Instruktionen und Dateien der anderen Komponenten unterstützend einzusetzen. Dies konnte dadurch erreicht werden, dass nicht alle Softwareanwendungen als ein großer Docker Stack komponiert wurden, sondern sinnvolle Schnitte zwischen den Softwareanwendungen gewählt wurden, um einzelne Stacks bereitzustellen.

Im Gegenzug wäre die Bereitstellung eines Images – unabhängig davon, ob ein Docker Image oder in Image für z. B. eine VM gewählt worden wäre – weniger flexibel und würde damit einhergehen, dass möglicherweise nicht benötigte Daten übertragen und unnötig Ressourcen blockiert werden müssten. Auf der anderen Seite ließe sich so der Setup- und sogar Teile des Konfigurationsaufwands noch stärker verringern. Im Sinne der weiteren Konfiguration sowie Wartung einer LLUA hätte dieser Ansatz jedoch keine Vorteile. Die

⁵https://llua-raahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/installation/, besucht am 31.01.2024

AdministratorInnen müssen für diese Zwecke die technische Umgebung verstehen und z. B. selbst in der Lage sein, zeitnah aufkommende Probleme zu lösen. Das Wissen und die Dokumentation, die während der Durchführung des Setups erlangt bzw. erstellt werden kann, kann dafür eine gute Ausgangsposition bieten.

17.2 Nutzung einer LLUA mit dem Rahmenwerk

Inwiefern die Inhalte des Rahmenwerks bei der Benutzung einer LLUA unterstützen, wurde bereits in den Kapiteln „Unterstützung des Planens und Koordinierens“ (S. 325) und „Unterstützung des Datenanalysierens“ (S. 345) betrachtet und diskutiert. In diesem Abschnitt wird eine abstraktere Perspektive eingenommen, aus der die Form der Bereitstellung als digitales Handbuch, der praxisorientierte Einsatz der agentenorientierten Perspektive und einige Aspekte der Ethik, des Datenschutzes und der Persönlichkeitsrechte diskutiert werden.

17.2.1 Bereitstellung des Rahmenwerks

Wie bereits zuvor in dieser Arbeit beschrieben, erfolgt der Zugang zur Nutzung des Rahmenwerks durch das entwickelte digitale Handbuch. Diese Dissertationsschrift beinhaltet darüber hinaus weitere Hintergründe und Erläuterungen, welche die Nutzung des Rahmenwerks zusätzlich fördern können. Diese wird nach Veröffentlichung in Form einer herunterladbaren PDF-Datei im Handbuch verlinkt.

Mit der Umsetzung als zugängliches digitales Handbuch wurde die Anforderung nach der Bereitstellung für die Zielgruppen erfüllt. In diesem Zuge wurden auch die technischen und die Anforderungen an die Portierbarkeit erfüllt (Git-Repository und statische Webseite).

Die Entscheidung für die Entwicklung sowie die Form der Bereitstellung dieses Handbuchs wird in Kapitel 11 erläutert und hier nicht wiederholt.

Durch die Verwendung von MkDocs (aus Markdown-Dateien wird eine statische HTML-Webseite generiert) konnten die Inhalte quelloffen (als Markdown-Dateien) entwickelt werden. Mittels eines zentralen Git-Repositories konnten mehrere Personen nebenläufig z. B. Inhalte entwickeln oder Korrekturen vornehmen, welche zeitnah ohne großen Aufwand zusammengeführt werden konnten. Außerdem war so eine Versionierung der Inhalte möglich.

17.2.2 Praxisorientierter Einsatz der agentenorientierten Perspektive

Nachdem die grundlegende Struktur des Rahmenwerks sowie die Bereitstellung diskutiert wurden und sich in beiden die agentenorientierten Perspektive, welche als systematische Betrachtungsweise für projektbasierte Lehrveranstaltungen gewählt wurde, nur auf Seiten der menschlichen Akteure wiederfindet, stellt sich die Frage nach den Gründen.

Es hat sich herausgestellt, dass die Vermittlung der agentenorientierten Perspektive – wenn diese nicht ohnehin Thema der Lehrveranstaltung ist – keine leichte Aufgabe ist und nicht alle Teilnehmenden von diesem Wissen bzw. dieser Betrachtung profitierten. Dabei ist die Sicht auf die menschlichen Akteure als MAS als intuitiver wahrgenommen worden, während die Betrachtung der gesamten Umgebung inkl. des Rahmenwerks unter solch einer Perspektive Herausforderungen darstellte. In einigen Fällen wurden Versuche

unternommen, nur besonders interessierten Personen diese Perspektive in einem interaktiven Gespräch zu vermitteln. Dies wurde u. a. durch Nachfragen der Lernenden getrieben und durch Geben konkreter Beispiele unternommen. Dieses Vorgehen vermittelte den Veranstaltenden einen höheren Lerneffekt, den diese Teilnehmenden im Verlauf der Lehrveranstaltung nutzen konnten. Dennoch bleibt festzuhalten, dass die Ausschöpfung des Potenzials und die Übernahme dieser Perspektive bzw. Denkweise Erinnerungen seitens der Veranstaltenden und Übung seitens der Teilnehmenden erfordert.

Das Verstehen und Annehmen der agentenorientierten Perspektive sollten der Nutzung des Rahmenwerks nicht im Wege stehen, weshalb davon abgesehen wurde, diese bei der Vermittlung der Inhalte des Rahmenwerks noch stärker in den Vordergrund zu stellen.

Die systematische Betrachtungsweise hat die Veranstaltenden der PM und DA Lehrveranstaltungen dabei unterstützt, die zentralen Lerninhalte einzuordnen und den Teilnehmenden entsprechend zu vermitteln. Zusätzlich passt diese Perspektive zu der Sichtweise bei der Datenanalyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen, in welcher ebenfalls agierende Personen hinsichtlich ihrer Strukturen und Handlungen untersucht werden. Da gezeigt wurde, wie sich eine projektbasierte Lehrveranstaltung auf MAS abbilden lässt, lassen sich die Daten nach genau diesen Konzepten inspizieren und analysieren.

17.2.3 Ethik, Datenschutz und Persönlichkeitsrechte

Wie bereits zuvor erwähnt, ist dieser Themenkomplex nicht Forschungsgegenstand dieses Forschungsprojekts. Dennoch lohnt es sich, die Erfahrungen zu teilen, die bei der Verfolgung unterschiedlicher Ansätze gewonnen wurden, um die Wahrung von ethischen Richtlinien, Datenschutz und Persönlichkeitsrechten zu unterstützen. Dies ist bereits an mehreren Stellen dieser Arbeit sowie im Handbuch erfolgt.

Hier wird eine knappe Zusammenfassung der als kritisch identifizierten Themen und Situationen gegeben. Wie an allen Stellen dieser Arbeit und des Handbuchs sind diese nicht als rechtliche Beratung zu bewerten. Anschließend werden Arbeiten vorgestellt, welche Richtlinien für den Umgang mit Softwarerepositorydaten bzw. Teilnehmendendaten besprechen und vorschlagen. Diese könnten als Ausgangspunkt für weiterführende Forschungsprojekte genutzt werden, um z. B. zu untersuchen, um welche Hinweise das Rahmenwerk ergänzt werden sollte.

- Nachdem zu Beginn einer Lehrveranstaltung allen beteiligten Personen die Absichten der Datenanalyse sowie die Verarbeitungsprozesse erläutert wurden und sie auf die freiwillige Teilnahme hingewiesen wurden, kann der Rahmen es erfordern, eine entsprechende Einverständniserklärung einzuholen.
- Die Datenhoheit kann in der jeweiligen Lehranstalt verbleiben, indem z. B. keine Cloud-Dienste oder ähnliche Angebote Dritter eingesetzt werden.
- Eine entsprechende Zugriffskontrolle z. B. mittels einer Authentifizierung für den Zugriff auf die Daten/ bzw. Dateien im *Data Warehouse* (DWH), kann dabei unterstützen, dass die Daten nicht von unautorisierten Personen genutzt werden können.
- Die Einsicht und Löschung von personenbezogenen Daten zu erproben, kann auf solche Fälle vorbereiten.
- Daten, die weder zur Funktionalität oder Überwachung der Softwareanwendungen noch (derzeit) für Analysen verwendet werden sollen, nicht zu erheben und nicht zu speichern, kann sich im Kontext der Datensparsamkeit positiv auswirken.

- Um die Personen zu schützen, deren Daten analysiert werden, ist es hilfreich, die Interessen der Datenanalyse nicht über das Wohl (wie z. B. den Lernerfolg) der Personen zu stellen. Bei widersprüchlichen Interessen von z. B. Veranstaltenden und Teilnehmenden kann es in diesem Zuge sinnvoll sein, die Teilnehmenden zu bevorzugen.
- Eine frühzeitig im Datenanalyseprozess angesiedelte Risikoanalyse kann dabei unterstützen, ausschließlich für die Analyse benötigte Daten zu verarbeiten und diese entsprechend zu pseudonymisieren bzw. zu anonymisieren.
- Eine frühzeitig im Datenanalyseprozess angesiedelte qualitative Untersuchung der Daten kann z. B. dabei unterstützen, spätere Fehlschlüsse zu vermeiden.
- Bei der Verwendung pseudonymer Daten kann in mehreren Situationen das Risiko entstehen, die Pseudonyme aufzuschlüsseln. Risiken sind insoweit die qualitative Untersuchung der Daten, die Durchführung und die Evaluation der Analysen, hinsichtlich ihrer Richtigkeit und die Veröffentlichung sowie die Besprechung der Analyseergebnisse.

In [Gold und Krinke 2022] diskutieren die Autoren, welche ethischen Risiken bei dem Analysieren (bzw. *Minen*) von Softwarerepositories auftreten könnten. Zwar steht die Untersuchung von Softwarerepositories nicht im Fokus dieses Forschungsprojekts, jedoch besprechen die Autoren den sogenannten *Menlo Report*, welcher im Jahr 2012 von dem *Department of Homeland Security – Science and Technology* der USA herausgegeben wurde [Kenneally und Dittrich 2012a,b].⁶ Dieser soll Forschende der Computer- und Informationssicherheit durch ethische Leitlinien unterstützen. Die Autoren von [Gold und Krinke 2022] besprechen diese Richtlinien hinsichtlich der Anwendbarkeit im Kontext von *Mining Software Repositories*. Ihre und ähnliche Überlegungen könnten ebenfalls für das hier zugrundeliegende Forschungsprojekt angestellt werden, insbesondere vor dem Hintergrund des in der Fußnote genannten Gutachtens des BMI.

In dem an der Hochschule für Medien Stuttgart durchgeführten LAPS⁷-Projekt wurde u. a. die rechtliche Perspektive auf datenschutzrechtliche und ethische Herausforderungen bei der Analyse von Teilnehmendendaten im Kontext von *Learning Analytics* (LA) beleuchtet [Keber u. a. 2019]. In diesem Rahmen wird ein Leitfaden von Niall Sclater angeführt [Sclater 2018], welcher solche Herausforderungen unter der rechtlichen und ethischen Perspektive im Vereinigten Königreich betrachtet. Ähnliche wie in [Keber u. a. 2019] gezogene Schlüsse könnten z. B. mit den bisher erfolgten Maßnahmen in dem vorliegenden Forschungsprojekt verglichen werden, um weitere Maßnahmen vorzuschlagen.

Darüber hinaus könnte die „Datenschutzrechtliche Beurteilung von Learning Analytics an Hochschulen in NRW“ [Gemin u. a. 2023], welche im Auftrag der Ruhr-Universität Bochum von der Datenrecht Beratungsgesellschaft durchgeführt und im März 2023 veröffentlicht wurde, einen Ausgangspunkt bieten, diesen Themenkomplex zu untersuchen.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Ansätze in diesem Forschungsprojekt nach bestem Wissen und Gewissen (zu den jeweiligen Zeitpunkten) der Verantwortlichen gewählt wurden.

⁶Ein ähnliches Dokument wurde 2018 von einer Datenethikkommission des Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat der Bundesrepublik Deutschland verfasst (s. [Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat 2019]).

⁷Learning Analytics für Prüfungsleistungen und Studienerfolg

17.3 Generalität des Ansatzes

Das gewählte Vorgehen und die Entscheidungen, die im Verlauf dieses Forschungsprojekts getroffen wurden, unterliegen einer eingeschränkten Sicht. So war es aus unterschiedlichen Gründen nicht möglich, z. B.

- jegliche Ausprägungen von hier nicht konkret betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen in die Entscheidungsprozesse einfließen zu lassen,
- alle Softwareanwendungen, die den Anforderungen entsprachen, im Einsatz in Lehrveranstaltungen zu erproben,
- Analysen auf nicht pseudonymisierten Daten durchzuführen oder
- weitere Analysedisziplinen als *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) einzusetzen.

In diesem Abschnitt wird die Generalität des Ansatzes hinsichtlich einiger seiner Einschränkungen betrachtet. Diese sind thematisch zweigeteilt und beziehen sich zum einen auf die Entwicklung des Rahmenwerks selbst und zum anderen auf die durchgeführten Datenanalysen.

17.3.1 Einschränkungen bei der Entwicklung des Rahmenwerks

Der Ausgangspunkt zur Entwicklung des Rahmenwerks war das Vorhaben, zu untersuchen, inwiefern sich die Lehre und das Lernen in projektbasierten Lehrveranstaltungen durch Datenanalysen unterstützen lassen. Das Ziel war es, diese Untersuchung nicht rein konzeptionell durchzuführen und dadurch ggf. vielversprechende Möglichkeiten aufzuzeigen. Stattdessen sollten die entwickelten Konzepte auf praxisorientierten Untersuchungen basieren, die in realen projektbasierten Lehrveranstaltungen durchzuführen waren.

Erhobene Ziele, Lösungsansätze und Herausforderungen Das Vorgehen, um die Ziele, Lösungsansätze und Herausforderungen zu erheben, wurden bereits in den Einleitungen der Abschnitte 6.1 und 6.2 beschrieben. Daraus ergibt sich die Einschränkung, dass eine limitierte Anzahl von Veranstaltenden und Teilnehmenden gering unterschiedlicher projektbasierter Lehrveranstaltungen befragt wurde. Generalisiert weisen diese projektbasierten Lehrveranstaltungen zwei Schwerpunkte auf: *Lehren und Lernen von Datenanalysen im universitären Kontext* (PM und DA Lehrveranstaltungen) und *Lehren und Lernen von verteilter Softwareentwicklung im Team* (AOSE). In beiden Arten wurden Teams gebildet, welche in Teilen miteinander und verstärkt innerhalb des Teams kooperieren sowie kollaborieren sollten. Die Auswirkungen von Konkurrenz wurden somit in die Erhebungen nicht eingeschlossen.

Die ergänzenden Erfahrungen anderer Lehrveranstaltungen der Veranstaltenden und Teilnehmenden, wurden zudem in großen Teilen an der Universität Hamburg gemacht. Darüber hinaus konnten aus der Literatur nur wenige Ziele, Lösungsansätze und Herausforderungen projektbasierter Lehrveranstaltungen verwertet werden oder mussten auf diese Form der Lehre übertragen werden.

Digitale Lehrveranstaltungen Aufgrund der COVID-19 Pandemie, basiert die iterative Erprobung des Rahmenwerks fast ausschließlich auf digitalen und somit räumlich verteilten projektbasierten Lehrveranstaltungen. Lediglich PM19 wurde vollständig in Präsenz

durchgeführt (mit digitalen verteilten Elementen neben der Präsenzzeit). Während es in den folgenden Lehrveranstaltungen den Teilnehmenden teilweise möglich war, sich in universitären Räumen für die Zusammenarbeit zu treffen, wurden die Anteile der Lehre ausschließlich digital durchgeführt. AOSE22WS war danach die einzige Lehrveranstaltung, deren Lehre in Teilen wieder in Präsenz stattgefunden hat.

Erprobung verschiedener Softwareanwendungen Die Entwicklung des Rahmenwerks wurde von der Entwicklung und Erprobung der exemplarischen LLUA geprägt (vgl. Abschnitt 8.1). Anstatt im Verlauf dieses Forschungsprojekts möglichst viele verschiedene Softwareanwendungen praktisch in den Lehrveranstaltungen zu erproben, wurde auf eine sorgfältige Vorauswahl sowie die Anpassung der gewählten Softwareanwendungen gesetzt.

Insgesamt wurden die Softwareanwendungen nur von wenigen Personen über einen längeren Zeitraum (länger als ein Semester) erprobt und auf ihre Tauglichkeit für den Einsatz in projektbasierten Lehrveranstaltungen geprüft.

Erprobung endgültiger Zusammenstellung Aufgrund der fortlaufenden, iterativen Entwicklung des Rahmenwerks und seiner Inhalte wurden die endgültig akkumulierten Ergebnisse, welche in dieser Dissertationsschrift und dem Handbuch des Rahmenwerks enthalten sind, nicht in ihrer derzeitigen Ausprägung und Zusammenstellung erprobt. Während der abschließenden Erprobungen wurden weitere Verbesserungen eingearbeitet und es ist nicht auszuschließen, dass sich in Zukunft die Inhalte im Handbuch – z. B. auf der Grundlage weiterer Rückmeldungen und neuer Erkenntnisse – verändern werden.

Dennoch wurden die einzelnen Inhalte und ihre unterschiedlichen Ausprägungen ausgiebig erprobt, bevor sie ihren Weg in das Rahmenwerk gefunden haben.

17.3.2 Einschränkungen der durchgeführten Datenanalysen

Die Integration des Datenanalyseprozesses in eine projektbasierte Lehrveranstaltung sollte ebenfalls nicht nur konzeptionell entwickelt, sondern auch praktisch in realen Lehrveranstaltungen durchgeführt und bewertet werden. Die Entwicklung dieses Datenanalyseprozesses und insbesondere die praktisch durchgeführten Datenanalysen selbst unterliegen jedoch Einschränkungen, von denen hier einige besprochen werden.

Zunächst gelten hier einige der bereits oben genannten Einschränkungen, wie der Umstand, dass der Datenanalyseprozess nur in wenigen unterschiedlichen projektbasierten Lehrveranstaltungen durchgeführt wurde, diese Lehrveranstaltungen vorrangig digital erfolgten und im praxisorientierten Einsatz nur wenige verschiedene Softwareanwendungen erprobt wurden.

Datenaufzeichnung Von der Datenaufzeichnung werden die späteren Analyseergebnisse beeinflusst. Ist die Aufzeichnung fehlerhaft oder unvollständig, so besteht das Potenzial, falsche Schlüsse zu ziehen. Zusätzlich zu der Gefahr der bereits auf Seite 374 geschilderten, absichtlichen Fälschung von Daten besteht keine Garantie, dass die aufgezeichneten Daten die Realität angemessen repräsentieren (vgl. [Coremans u. a. 2023]). Wie z. B. im Zusammenhang mit der geringen Nutzung von Mattermost in einigen betrachteten Lehrveranstaltungen geschildert, war dies nicht auf die Abwesenheit des Bedarfs einer textuellen Kommunikationsform zurückzuführen, sondern darauf, dass die Teilnehmenden auf andere Dienste ausgewichen sind.

Die Entscheidungen, die während der Entwicklung des Rahmenwerks im Kontext der Datenanalysen getroffen wurden, hängen zu Teilen von den aufgezeichneten Daten ab. Somit besteht nicht nur für die Interpretation der Analyseergebnisse und der Formulierung von Anpassungsvorschlägen für die Veranstaltenden und Teilnehmenden das Potenzial, falsche Schlüsse zu ziehen, sondern auch, dass ggf. reale Anforderungen an den Datenanalyseprozess selbst nicht hervorgebracht wurden.

Datenintegration In Rahmen der Datenvorverarbeitung wurde vorrangig die Durchführung eines ETL- und nur rudimentär die eines ELT-Prozesses untersucht (vgl. Abschnitt 10.4.7). Auch wenn die Durchführung eines ELT-Prozesses prinzipiell möglich ist, so muss davon ausgegangen werden, dass das Rahmenwerk einen ETL-Prozess besser unterstützt.

Zwar sollten bei der Integration von Daten unterschiedlicher Formen, wie z. B. aus relationalen Datenbanken und maschinenlesbarer Textdateien, keine besonderen Herausforderungen auftreten, jedoch ist anzumerken, dass dies nur in wenigen Fällen erprobt wurde.

Datenanalysen Zunächst unterliegen die Erfahrungen und Erkenntnisse, die in dem Bereich der Analyse von Daten projektbasierter Lehrveranstaltung gesammelt wurden, der Einschränkung, dass ausschließlich pseudo- bzw. anonymisierte Daten analysiert wurden. Aus diesem Grund waren einige Analysen nicht möglich, wie z. B. die Untersuchung der Daten von Teilnehmenden, die auf die Veranstaltenden besonders engagiert wirk(t)en, besondere Noten erhalten haben oder auf andere Weise hervorstachen.

Insgesamt wurden die Ergebnisse komplexer Analysen (z. B. applikationsübergreifende wie in Abbildung 16.13) seltener zur Verbesserung der Lehre und des Lernens eingesetzt, als die Vision dieses Forschungsprojekts beinhaltet hat. Es konnte zwar festgestellt werden, dass beabsichtigte Analysen durchgeführt werden können/könnten, jedoch hat der Aufwand bei der qualitativen Evaluation der Analyseergebnisse (um z. B. die Korrektheit der Ergebnisse sicherzustellen) die zur Verfügung stehenden zeitlichen Ressourcen der AnalytikerInnen und Veranstaltenden überschritten.

Das ist außerdem einer der Gründe dafür, dass neben BI und PM (inkl. Social Mining) keine weiteren Analysedisziplinen bzw. -verfahren zur Untersuchung der Daten projektbasierter Lehrveranstaltungen ausgiebig erprobt wurden. Entgegen des Trends, welcher sich im zweiten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts abgezeichnet hat, verstärkt maschinelles Lernen in unterschiedlichen Bereichen einzusetzen [Burkov 2019], wurden u. a. aus Gründen der Nachvollziehbarkeit, solche Ansätze nicht erprobt (s. Seite 246). In diesem Zusammenhang lässt sich nicht ausschließen, dass der Einsatz weiterer Disziplinen bzw. Verfahren z. B. eine Anpassung der definierten Subrollen der AnalytikerIn (s. Abschnitt 6.2.2) sowie des entwickelten Vorgehensmodells für die Datenanalyse (s. Abbildung 10.8, S. 236 und Abbildung 12.8, S. 289) erfordert.

Bereitstellung Wie bereits u. a. im Abschnitt 16.2 erörtert, wurden bei der Erprobung der Bereitstellung der Analyseergebnisse, Interpretationen und Anpassungsvorschlägen die Möglichkeiten nicht ausgeschöpft.

Weitere Formen der Bereitstellung oder z. B. das Zurverfügungstellen von einfachen *self-service* Lösungen für Veranstaltende (welche die Rolle der AnalytikerIn nicht ausfüllen kön-

nen) und Teilnehmende, könnten Anpassungen des Vorgehensmodells für die Datenanalyse notwendig machen. Veranstaltende, welche die Rolle der AnalytikerIn ausfüllen können, also die entsprechenden Fähigkeiten besitzen, ist es bereits jetzt möglich, eigens für sie angefertigte Analysen zu erstellen – dies gilt ab einem gewissen Kenntnisstand auch für die Teilnehmenden der betrachteten PM und DA Lehrveranstaltungen. Obwohl die Teilnehmenden darauf hingewiesen wurden, hat der Autor dieser Arbeit keine Kenntnis darüber, inwiefern die Teilnehmenden von eigenen *zeitnahen* Analysen Gebrauch gemacht haben.⁸ Somit sind entsprechende potenzielle Auswirkungen und Erkenntnisse nicht mit in das Rahmenwerk eingeflossen.

Auch die Bereitstellung von Analyseergebnissen in „Echtzeit“ (wie z. B. von [Gücük 2023; Gücük u. a. 2023] vorgeschlagen) und ihre Auswirkungen auf die Veranstaltenden und Teilnehmenden wurden von dem Autor dieser Arbeit nicht ausgiebig untersucht. Demnach hatten diese keinen Einfluss auf die Inhalte des Rahmenwerks. Solche Verfahren würden außerdem die Entwicklung und Umsetzung automatisierter Evaluationsverfahren erfordern, um die Korrektheit der Analyseergebnisse zu bewerten. Zwar könnten die visuellen Darstellungen prinzipiell z. B. hinsichtlich der Korrektheit in der Auswahl und Kombination der dargestellten Daten evaluiert werden, jedoch könnten unvorhersehbare fehlerhafte Daten zu nicht absehbaren Ergebnissen führen.

17.4 Zusammenfassung

Die hier durchgeführte Diskussion von Themen, welche – in Bezug auf die Untersuchungskomplexe – als übergreifend bezeichnet werden, hat zum einen die Unterstützung des Rahmenwerks für die Entwicklung und die Nutzung einer LLUA untersucht. Zum anderen wurden die Generalität des gesamten Ansatzes betrachtet und in diesem Zuge Einschränkungen, Grenzen sowie einige Perspektiven aufgezeigt.

Die Bedürfnisse der Personen der betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen konnten durch die Nutzung der agentenorientierten Perspektive in den Mittelpunkt der Entwicklung des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA gestellt werden. Es war jedoch eine Herausforderung, den Teilnehmenden der projektbasierten Lehrveranstaltungen die agentenorientierte Perspektive in ausreichendem Umfang zu vermitteln, damit sie diese gewinnbringend einsetzen konnten. Die Vermittlung im Kreise besonders interessierter Teilnehmender war zielführender. Dennoch hat diese Perspektive die Veranstaltenden dahingehend unterstützt, die zentralen Lerninhalte einzuordnen und den Teilnehmenden zu vermitteln.

Die im digitalen Handbuch zusammengetragenen und aufbereiteten Inhalte, welche u. a. die Installation, Konfiguration und Wartung einer LLUA unterstützen sollen, wurden als hilfreich bewertet. Obwohl die Einhaltung von Ethik, Datenschutz und Persönlichkeitsrechten nicht Forschungsgegenstand dieser Arbeit war, konnten potenzielle Risiken während der Durchführung der Analysen und der Kommunikation der Ergebnisse identifiziert werden. Vor diesen wird an den gegebenen Stellen im digitalen Handbuch prominent gewarnt.

⁸Dass die Teilnehmenden ihre eigenen Daten analysieren sollten, war in den PM und DA Lehrveranstaltungen immer eine Aufgabe, jedoch wurde dies erst in der dritten Phase gefordert und galt i. d. R. nicht als eine zeitnahe Datenanalyse, woraufhin Anpassungen der aktuellen Lehrveranstaltung erfolgten.

Die projektbasierten Lehrveranstaltungen, in deren Kontext das Rahmenwerk sowie die exemplarische LLUA entwickelt wurden, fanden alle im Bereich der Informatik an der Universität Hamburg und zu großen Teilen – aufgrund der COVID-19 Pandemie – digital statt.

Als Analysedisziplinen wurden bisher nur *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) (inkl. Social Mining) ausgiebig erprobt. Die Integration weiterer Analysedisziplinen in das Rahmenwerk sowie in eine LLUA verbleibt als zu erforschen. Auch die Integration von sogenannten *self-service* Lösungen für Veranstaltende und Teilnehmende sowie die Bereitstellung von Analyseergebnissen in „Echtzeit“ wurden nicht erprobt.

18 Einordnung und Vergleich mit verwandten Arbeiten

In Kapitel 3 wurden ausgewählte Arbeiten verwandter Forschungsbereiche untersucht und aufbereitet, um den aktuellen Forschungsstand darzustellen. Dieses Kapitel greift diese Arbeiten auf, um das Rahmenwerk selbst und die entwickelte exemplarische LLUA vergleichend zu betrachten. Das Ergebnis ist eine Bewertung, die einige der konzeptionellen und praxisorientierten Inhalte des Rahmenwerks sowie die technischen Fähigkeiten der exemplarischen LLUA in den Kontext mit dem stellt, was andere Forschende erreicht haben.

Ein direkter Vergleich mit anderen Arbeiten wird dadurch erschwert, dass dem Autor dieser Arbeit keine anderen Arbeiten bekannt sind, die ähnlich viele Herausforderungen im Bereich der Entwicklung und dem Einsatz von technischen Umgebungen zur Durchführung und Analyse von Lehrveranstaltungen berücksichtigen und für diese praktisch erprobte Lösungen bereitstellen. Die Einzigartigkeit dieser Arbeit wird dadurch verstärkt, dass sie im Kontext von projektbasierten Lehrveranstaltungen durchgeführt wurde und nicht auf Lehrveranstaltungen mit Vorlesungen, Übungsgruppen, Tests und Klausuren abzielt.

Arbeiten, die ähnlich viele Facetten betrachten und Ansätze präsentieren, diese zu integrieren, sind das DLAIS-Rahmenwerk [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021] und ein *Integrated Framework for Learning Analytics* (IFLA) [Soltanpoor 2018]. Das DLAIS-Rahmenwerk ist dazu bestimmt, *Learning Analytics Information Systems* (LAIS) zu entwerfen und dabei das Lernen sowie die korrespondierenden Theorien und Praktiken zu integrieren.¹ Während das DLAIS-Rahmenwerk im Bereich der Datenanalyse detailliert umfangreiche Schritte beschreibt, werden die Entwicklung und Umgestaltung der technischen Umgebung, mit welcher die zu analysierenden Personen arbeiten, nicht berücksichtigt. IFLA wurde mit der Absicht entwickelt, keine Umgebungen, sondern konkrete Softwareanwendungen für den *Learning Analytics* (LA) Kontext zu entwickeln.² Damit berücksichtigt das Rahmenwerk zwar die Gestaltung und Entwicklung der Anwendungen, mit welchen die zu analysierenden Personen interagieren, sieht jedoch die Entwicklung solcher Softwareanwendungen für präzise eingegrenzte Anwendungsfälle vor (wie z. B. die Entwicklung einer Softwareanwendung für personalisierte präskriptive Quizze). Das IFLA Rahmenwerk sieht dabei die Integration von präskriptiven, deskriptiven und prädiktiven Analysen sowie automatisierte Feedback- und Reflexionsmechanismen vor. Im Gegensatz zu dem LLUA-Rahmenwerk zielt das IFLA in diesem Bereich auf die Entwicklung elaborierterer Lösungen für einzelne Herausforderungen ab. Beide Rahmenwerke werden in Abschnitt 18.1.2 erneut aufgegriffen und mit dem LLUA-Rahmenwerk verglichen.

Dieser einleitende Vergleich deutet eine zuweilen auftretende Schwierigkeit bei dem Vergleich mit anderen Arbeiten an. Aufgrund des Umfangs und der Integration einer Vielzahl von Disziplinen sind einige Teilergebnisse des vorliegenden Forschungsprojekts, im Vergleich mit Ergebnissen anderer Forscher in diesen dedizierten Bereichen, partiell als

¹DLAIS wurde bereits auf Seite 75 beschrieben.

²IFLA wurde bereits auf Seite 75 beschrieben.

verbesserungswürdig einzustufen. Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts entfalten ihren gewinnbringenden Beitrag besonders durch ihre umfängliche Integration bzw. Kopplung und ihre gebündelte Bereitstellung.

Im Folgenden wird dennoch nicht vollständig auf derartige Vergleiche verzichtet. Außerdem werden Arbeiten herangezogen, die ein Schema zur Einordnung anderer Arbeiten erstellt haben oder solche, die Forderungen an zu adressierende Bereiche stellen. Vor dem Hintergrund dieser Schemata und den geforderten Bereichen, werden das LLUA-Rahmenwerk und die exemplarische LLUA eingeordnet.

Dieses Kapitel wird dazu in zwei Abschnitte unterteilt. Abschnitt 18.1 betrachtet das LLUA-Rahmenwerk und nimmt Einordnungen sowie Vergleiche mit diesem vor. In Abschnitt 18.2 wird die exemplarische LLUA mit ähnlichen Umgebungen und die darin bisher durchgeführten Datenanalysen mit denen anderer Forschender verglichen. Den Abschluss bildet eine Zusammenfassung mit einer kurzen übergreifenden Diskussion.

18.1 Betrachtung des LLUA-Rahmenwerks

In diesem Abschnitt wird das LLUA-Rahmenwerk und Teile seiner Inhalte vor dem Hintergrund verwandter Forschungsbereiche diskutiert.

18.1.1 Allgemeine Einordnung

Die Betrachtung des LLUA-Rahmenwerks beginnt mit einer allgemeinen Einordnung in die beiden Forschungsbereiche Projektmanagement und Datenanalysen im Bildungsbereich. Dazu werden Dimensionen, Klassen, Modelle und Leitlinien herangezogen, welche in der Literatur beschrieben und verwendet werden. In diesem Zuge wird diskutiert inwiefern das LLUA-Rahmenwerk diese adressiert.

Projektmanagement

Von den Autoren von [Kuster u. a. 2022] aufgestellten drei Kompetenzbereichen des Projektmanagements (s. Seite 18) unterstützt das LLUA-Rahmenwerk explizit Teile der drei Bereiche *Kontext*, *Menschen* und *Praktiken*. Durch die Entwicklung für den speziellen Einsatzbereich projektbasierter Lehrveranstaltungen werden u. a. die Strategien, Strukturen, Prozesse, Regularien, Interessen, Werte sowie die Kultur dieses Kontextes vom LLUA-Rahmenwerk berücksichtigt.

Bereitgestellt werden die Inhalte von den beiden Modulen „Lehrveranstaltungen organisieren und durchführen“ und „Verteilte Kollaboration“, welche beide in dem Cluster *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* angesiedelt sind, sowie vom Modul „Kommunikation und Reflexion“ aus dem Cluster *Unterstützung der Datenanalyse*. Während letzteres die Selbstreflexion der Menschen unterstützt, unterstützen die beiden zuvor genannten Module die persönliche Kommunikation, die Teamarbeit und das ergebnisorientierte Arbeiten. Im Bereich der Praktiken unterstützen die beiden Module den Ablauf und die Einhaltung von Terminen, die Organisation von Informationen und Dokumentation sowie die Planung und Steuerung von Projekten.

Zu diesen Kompetenzbereichen lassen sich die fünf Leitsätze von [Ferreira u. a. 2018] für Projektmanagementumgebungen (PMUs) für informelle Projekte hinzuziehen (s. Seite 58). Die Anforderungen, die bei der Entwicklung des LLUA-Rahmenwerks erhoben wur-

den, decken diejenigen ab, die von [Ferreira u. a. 2018] für die *Definition von Projekten und Gruppen, Definition und Verwaltung von Tätigkeiten, Teilung der Verantwortung und Bereitstellung von Projektsichtbarkeit* aufgestellt wurden. Erfüllt werden diese durch die Komponenten „Projektmanagement“ und „Informations-/Materialienaustausch, Dokumentation“ der konzeptionellen LLUA (vgl. Abschnitt 12.2.1). Alleinig der Leitsatz für die *Anerkennung von Beiträgen* wird vom LLUA-Rahmenwerk nicht explizit berücksichtigt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass dieser bei der Wahl konkreter Softwareanwendungen nicht erfüllt werden kann. In der exemplarischen LLUA bieten sowohl Jira, Confluence als auch Mattermost solche Funktionalitäten an.

In [Chadli u. a. 2016] haben die AutorInnen ein Klassifikationsschema erstellt, um Forschungsarbeiten im Kontext von Projektmanagementwerkzeugen im Bereich globaler Softwareentwicklung zu bewerten. Unter anderem leiten sie aus dem Standard [ISO/IEC 12207:2008] sieben Prozessbereiche des *Software Lifecycle Process* ab und führen zusätzlich die 3Ks³ an (s. Seite 60). Zwar ist das LLUA-Rahmenwerk dazu entwickelt worden durch die Komposition bzw. lose Kopplung von Softwareanwendungen sowie Werkzeugen eine Umgebung zu entwickeln und nicht für die Entwicklung eines alleinstehenden Werkzeugs, dennoch bietet sich das Schema von [Chadli u. a. 2016] an, um auf seiner Grundlage eine Einordnung vorzunehmen. Das LLUA-Rahmenwerk berücksichtigt explizit Teile der *Projektplanung*, der *Projektbewertung und -steuerung*, des *Informationsmanagements* und der *Messung* sowie alle 3Ks. Während alle genannten außer der *Messung* vom Cluster *Unterstützung der Organisation und Kollaboration* adressiert werden, werden Teile der *Messung* vom Cluster *Unterstützung der Datenanalyse* berücksichtigt.

Datenanalysen im Bildungsbereich

Dimensionen Von [Greller und Drachsler 2012]⁴ (s. Seite 61) und [Chatti u. a. 2012]⁵ (s. Seite 62) werden jeweils sich teilweise überschneidende Dimensionen von LA aufgestellt. Da sich die Dimensionen von [Greller und Drachsler 2012] zu denen von [Chatti u. a. 2012] zuweisen lassen (s. Seite 62), werden hier letztere zur strukturierten Einordnung des LLUA-Rahmenwerks eingesetzt.

Diese Dimensionen werden auf Grundlage des entwickelten Vorgehensmodells (s. Abbildung 10.8) und mittels der Module des Clusters *Unterstützung der Datenanalyse* adressiert. Das Bestimmen und Beschreiben des *Warum?*, also aus welchen Gründen das System die gesammelten Daten analysiert, wird vom Modul „Analysen auswählen“ unterstützt, welches sich im Vorgehensmodell über die beiden Tätigkeitsbereiche „Zu gewinnende Informationen beschreiben“ und „Ziele verstehen und Analysefragen formulieren“ erstreckt.

Die Beantwortung der Frage *Wer?*, also an wen sich die Analysen richten, wird ebenfalls durch das zuvor genannte Modul und die Tätigkeitsbereiche adressiert. Diese werden von den Modulen „Daten verstehen und untersuchen“ sowie „Analysen bewerten und interpretieren“ und den Tätigkeitsbereichen „Vollständigkeit, Risiken und Qualität der Datenbasis untersuchen“, „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren/Risiken minimieren/Qualität verbessern“ und „Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen“ ergänzt. Die Kompetenzen der Personen, werden dem LLUA-Rahmenwerk vorrangig durch die Bereitstellung des zugehörigen Handbuchs gefördert. Dieses bietet ihnen u. a. viele hilfreiche

³Kommunikation, Koordination und Kooperation

⁴Zielgruppen, Ziele, Bildungsdaten, Technologien, Bedingungen und Kompetenzen

⁵Warum?, Wer?, Was? und Wie?

Informationen, Anweisungen und Hinweise, um selbst Datenanalysen von projektbasierten Lehrveranstaltungen nach dem Vorbild des LLUA-Rahmenwerks durchzuführen.

Das *Was?*, also welche Art von Daten das System für die Analysen sammelt, verwaltet und verwendet, kann mittels der Module „Daten verstehen und untersuchen“ sowie „Daten aufzeichnen“ definiert werden. Im Vorgehensmodell umfasst dies die Tätigkeitsbereiche „Vollständigkeit, Risiken und Qualität der Datenbasis untersuchen“, „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren/Risiken minimieren/Qualität verbessern“ und „Technische und menschliche Umgebung anpassen“.

Wie? das System die Analysen der gesammelten Daten durchführt, wird unter Berücksichtigung der Datenvorverarbeitung von den Modulen „Daten vorverarbeiten und sammeln“, „Analysieren von Fakten, Strukturen und Verhalten“ sowie „Analysen bewerten und interpretieren“ begleitet. Im Vorgehensmodell sind das die Tätigkeitsbereiche „Daten extrahieren, ggf. transformieren und sammeln“, „Analysen durchführen“, „Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen“ sowie „Interpretation der Analyseergebnisse“.

Umspannt werden alle vier Dimensionen vom Modul „Dokumentation der Datenanalyse“, welches alle Tätigkeitsbereiche im Vorgehensmodell unterstützt, indem es ein Dokumentationsschema bereitstellt und beschreibt (s. Abschnitt 12.3.2 und im Handbuch⁶).

Klassen von Analysen Durch eine umfassende Untersuchung der Literatur im *Educational Data Mining* (EDM) und LA Kontext haben [Aldowah u. a. 2019] unter anderem die folgenden vier Klassen von Datenanalysen identifiziert: *Computergestützte Lernanalytik*, *Computergestützte prädiktive Analytik*, *Computergestützte Verhaltensanalyse* und *Computergestützte Visualisierungsanalyse*.

Bei der Entwicklung und Erprobung des LLUA-Rahmenwerks sollten visuelle Analysetechniken zum Einsatz kommen. Dazu wurden die beiden Analysedisziplinen *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) ausgewählt. Mit diesen wurden während der Entwicklung und Erprobung des LLUA-Rahmenwerks Bestrebungen in drei der vier oben genannten Klassen unternommen. Der Klassenbeschreibung nach wurde nur die *Computergestützte prädiktive Analytik* bisher nicht berücksichtigt, denn es wurden keine Vorhersagen getroffen, die auf dem direkten Vergleich mit früheren Datenanalysen und folgenden Ergebnissen oder Noten basieren. Somit sind ihre ggf. speziellen Anforderungen nicht mit in die Entwicklung der Tätigkeitsbereiche des Vorgehensmodells für die Datenanalyse geflossen.

In Zukunft wäre es sinnvoll, auch diese Klasse zu erschließen und explizit in das LLUA-Rahmenwerk zu integrieren. In diesem Zuge könnte erprobt werden, inwiefern das LLUA-Rahmenwerk für andere Analysedisziplinen nutzbar ist und an welchen Stellen es ggf. angepasst werden muss.

13 allgemeine Herausforderungen Die AutorInnen von [de-Menéndez u. a. 2022] haben in ihrer Veröffentlichung „Learning Analytics: State of the Art“ 13 allgemeine Herausforderungen herausgearbeitet, die im Kontext der Datenanalyse von Bildungsdaten überwunden werden müssen. Inwiefern diese bei der Entwicklung des LLUA-Rahmenwerks adressiert wurden, wird im Folgenden diskutiert.

⁶https://llua-raahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/dokumentation_der_datenanalyse/#schema_und_template_fur_die_dokumentation, besucht am 31.01.2024

(1) Zielgerichtete Datenaufzeichnung – wird vom Rahmenwerk auf der einen Seite dadurch adressiert, dass es einen Entwurf einer LLUA vorstellt, in welchem einzelne Komponenten u. a. für die Datenaufzeichnung zuständig sind. Auf der anderen Seite ist die (Weiter-)Entwicklung der Datenaufzeichnung explizit in das Vorgehensmodell integriert⁷ und es wurde ihr ein Modul gewidmet⁸.

(2) Zeitnahe und akkurate Datensammlung – wird ebenfalls von dem Entwurf einer LLUA durch die Integration der Komponenten „Datenverarbeitung“ und „Datensammlung“ vorgesehen. Zusätzlich wird diese Herausforderung von Modulen⁹ fachlich unterstützt und im Vorgehensmodell berücksichtigt.

(3) Technische Herausforderungen beim Verwalten von *Big Data* – werden vom Rahmenwerk nur auf konzeptioneller Ebene berücksichtigt, indem z. B. konkrete Vorschläge für Datenstrukturen im *Data Warehouse* gemacht werden.

(4) Erkenntnisse aus der Perspektive der NutzerInnen gewinnen durch Aufzeichnung von z. B. mobilen, biometrischen und Stimmungsdaten – wird vom Rahmenwerk nur für letztere geringfügig unterstützt. Dies wird zum einen erreicht, indem es eine Besprechung der Analyseergebnisse vorschlägt. Zum anderen wird zur Einholung von Feedback der Personen, deren Daten analysiert wurden, während dieser Besprechungen geraten.

(5) Entwicklung neuer Technologien – wurden bei der Entwicklung des Rahmenwerks nicht vorgenommen.

(6) Die Berücksichtigung von ethischen Aspekten sowie Persönlichkeitsrechten – wird vom Rahmenwerk partiell auf die Weise unterstützt, dass es im Vorgehensmodell eine ständige Risikoanalyse¹⁰ sowie die Sicherstellung des positiven Einsatzes¹¹ vorsieht und entsprechende Module bereitstellt, die das jeweilige Vorgehen beschreiben und auf Gefahren hinweisen¹².

(7) Rückmeldungen in Echtzeit – wurden bei der Entwicklung des Rahmenwerks nicht explizit berücksichtigt. Dies wurde jedoch von der Arbeit [Gücük 2023] adressiert, die im Kontext dieses Forschungsprojekts in Kooperation mit dem Autor dieser Arbeit durchgeführt wurde. Dennoch wurde darauf Wert gelegt, zeitnahe Rückmeldungen zu geben und untersucht, wie dies umgesetzt werden kann. Ausgewählte Ansätze wurden u. a. in [Simic 2023; Simic u. a. 2023] präsentiert.

(8) Technische Verbesserungen beim Speichern von großen Datenmengen – wurden in diesem Kontext nicht vorangetrieben.

(9) Durchführung von großen Studien zur Bewertung der Auswirkungen von LA – wurden in diesem Kontext ebenfalls nicht vollzogen. Unter der Berücksichtigung der Anzahl der Personen, deren Daten in diesem Forschungsprojekt bisher analysiert wurden, kann nicht von einer „großen Studie“ gesprochen werden. Dennoch wurden Bestrebungen unternommen, die Auswirkungen der Datenanalysen und ihre Kommunikation zu untersuchen. Ausgewählte Bestrebungen und abgeleitete Erkenntnisse wurden u. a. in [Simic 2023; Simic u. a. 2023] präsentiert.

⁷ „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren, ggf. Risiken minimieren“ und „Technische und menschliche Umgebung anpassen“

⁸ „Daten aufzeichnen“

⁹ „Daten verstehen und untersuchen“ sowie „Daten vorverarbeiten und sammeln“

¹⁰ „Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen“ und „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren, ggf. Risiken minimieren“

¹¹ „Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen“

¹² „Daten verstehen und untersuchen“, „Analysen bewerten und interpretieren“ sowie „Kommunikation und Reflexion“

(10) Die Entwicklung von LA Systemen unter dem aktiven Mitwirken von Veranstaltenden und Teilnehmenden – wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts intensiv verfolgt. Das Rahmenwerk sowie die exemplarische LLUA wurden im Kontext echter projektbasierter Lehrveranstaltungen von deren Veranstaltenden und Teilnehmenden aktiv entwickelt und auf deren Bedürfnisse zugeschnitten. Dazu wurden z. B. kontinuierlich umfangreiche Ziele und Herausforderungen erhoben, um aus diesen sinnvolle Anforderungen abzuleiten. Außerdem wurden zu diesem Zweck die PM und DA Lehrveranstaltungen (s. Abschnitt 2.6.3) geschaffen, um die Teilnehmenden selbst in der Datenanalyse zu befähigen und aus ihren Erfahrungen wichtige Erkenntnisse abzuleiten.

(11) Der positive Effekt von LA auf das Lernen ist nicht ausreichend untersucht – und auch im Rahmen dieses Forschungsprojekts hat sich diese Herausforderung als schwierig erwiesen. Es konnte untersucht werden, inwiefern die gegebenen Anpassungsvorschläge eine Auswirkung auf die Nutzung der Werkzeuge und Softwareanwendungen hatten. Ausgewählte Untersuchungen wurden u. a. in [Simic 2023; Simic u. a. 2023] präsentiert. Das Erlernen von z. B. Projektmanagementtätigkeiten zur Förderung einer gelungenen Koordination war aber nur ein Lerninhalt der betrachteten Lehrveranstaltungen. Auf welche Weise diesbezügliche Anpassungsvorschläge dazu beigetragen haben, dass die Teilnehmenden andere Lerninhalte besser erlernen konnten, wurde bisher nicht untersucht.

(12) Die Genauigkeit und Verständlichkeit der Daten zu fördern – wird vom Rahmenwerk explizit berücksichtigt. Auf der einen Seite sieht das Vorgehensmodell zur Überprüfung der Genauigkeit und zur Förderung des Verstehens der Daten zwei Tätigkeitsbereiche¹³ vor, welche von einem Modul¹⁴ unterstützt werden. Auf der anderen Seite wird die Genauigkeit der Daten von einem weiteren Tätigkeitsbereich¹⁵ auf der Basis durchgeführter Analysen untersucht. Dazu wird in dem unterstützenden Modul¹⁶ z. B. darauf hingewiesen, die Ergebnisse auf bekannte Fakten und Widersprüche zu überprüfen.

(13) Dass Bildungseinrichtungen nicht wissen, was sie mit den Daten machen sollen – ist ebenfalls eine Herausforderung, die in diesem Forschungsprojekt auf ähnliche Weise zu Tage getreten ist. Es konnte festgestellt werden, dass es für Veranstalter und Teilnehmende keine leichte Aufgabe war, festzulegen, was sie analysieren und was sie damit erreichen wollen. Aus diesem Grund wurde diese Herausforderung frühzeitig berücksichtigt und die Ergebnisse haben sich in zwei Tätigkeitsbereichen¹⁷ des Vorgehensmodells sowie in einem Modul¹⁸ niedergeschlagen. Letzteres umfasst beispielsweise den Ansatz, ausgehend von Zielen zunächst grobe und dann iterativ verfeinerte Analysefragen zu entwickeln. Das Modul beinhaltet außerdem exemplarische Ziele sowie einen Fragenkatalog, an dem sich die nutzenden Personen orientieren können.

Zum Abschluss der allgemeinen Einordnung und bevor die einzelnen Inhalte des LLUA-Rahmenwerks mit anderen Arbeiten verglichen werden, wird in Tabelle 18.1 das Schema zum Vergleichen von Rahmenwerken im LA Kontext von [Khalil u. a. 2022] herangezogen und auf das LLUA-Rahmenwerk angewendet.

¹³ „Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen“ und „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren, ggf. Risiken minimieren“

¹⁴ „Daten verstehen und untersuchen“

¹⁵ „Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicherstellen“

¹⁶ „Analysen bewerten und interpretieren“

¹⁷ „Zu gewinnende Informationen beschreiben“ und „Ziele verstehen und Analysefragen formulieren“

¹⁸ „Analysen auswählen“

Tabelle 18.1: Einordnung des LLUA-Rahmenwerks nach [Khalil u. a. 2022] (frei übersetzt aus dem Englischen).

Entwicklungsfokus: C = konsultiert, R = repräsentiert; Ethik/Persönlichkeitsrechte: I = implizit, E = explizit;

Anwendungsnachweis: P = Prototyp/Studie; Fokus: R = Verbleib, S = Unterstützung

Quelle	Entwicklungsfokus								Anwendungsfokus				E. / P.	Darstellung	Datenquellen.	Datentypen	Fokus	Kontext	
Konzeptionell																			
Empirisch																			
Teilnehmende																			
Fakultät																			
VeranstaltungsentwicklerInnen																			
Entw. /Forsch.																			
Admin./Manag.																			
TutorInnen																			
Externe/Andere																			
Teilnehmende																			
Fakultät																			
VeranstaltungsentwicklerInnen																			
Entw. /Forsch.																			
Admin./Manag.																			
TutorInnen																			
Externe/Andere																			
Ethik													E	E					
Persönlichkeitsrechte													-						
Tabelle													-	•	•				
Abbildung														•	•				
Andere															P				
Anwendungsnachweis																			
Virtuelle Lernumgebungen													•	-					
Mehrkanalige Datenquellen															•				
Andere																			
Systemlogdateien															•				
Lernartefakte															•	•			
Umfragen etc.																•	-		
Multimodale Daten																		RS	
Beibehaltung und Unterstützung																		•	•
Pädagogik																		•	•
Andere																		-	
Schulen																			•
Hochschulen																			•

18.1.2 Entwicklung von Softwareanwendungen und Umgebungen

In diesem Abschnitt werden die beiden oben genannten Rahmenwerke DLAIS [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021] und IFLA [Soltanpoor 2018] aufgegriffen, genauer beschrieben und mit dem LLUA-Rahmenwerk verglichen. Der Fokus liegt auf der Entwicklung von Softwareanwendungen sowie Umgebungen und berücksichtigt einige Bereiche des LLUA-Rahmenwerks nicht.

Zunächst zielen beide genannten Rahmenwerke nicht auf die Entwicklung von Softwareanwendungen oder Umgebungen für projektbasierte Lehrveranstaltungen ab. In diesem Fall wird kein Vergleich mit einem Rahmenwerk durchgeführt, das dies ermöglicht. Der Grund dafür ist, dass der Autor dieser Arbeit im Rahmen seiner Recherchen keines ausfindig machen konnte.

Das LLUA-Rahmenwerk bietet zur systematischen Betrachtung die Abbildung von Lehrveranstaltungen auf Multiagentensysteme (MAS) an. Mit dieser Betrachtungsweise stellt es ein analytisches Mittel bereit, auf dessen Basis die menschliche und die ggf. bereits vorhandene technische Umgebung untersucht und modelliert werden können, z. B. Definition von Rollen, Diensten, Angebots- und Nutzungsbeziehungen. Das *Konzept der Abbildung* zeigt, wie durch die Modellierung beider – der menschlichen und technischen – Umgebungen und deren Integration die fehlenden sowie überflüssigen Dienste in der technischen Umgebung identifiziert werden können. Dadurch wird die Grundlage für die (Weiter-)Entwicklung beider Umgebungen geschaffen.

Die beiden Rahmenwerke DLAIS und IFLA bieten keine systematische Betrachtung von Lehrveranstaltungen an und geben keine konkreten Hinweise, wie aus Herausforderungen Anforderungen abgeleitet werden können, um die Bedürfnisse der nutzenden Personen zu adressieren. DLAIS besteht hauptsächlich aus fünf Phasen (Analyse, Entwurf, Entwicklung, Implementierung und Evaluation)¹⁹, die zur Entwicklung einer Umgebung oder Softwareanwendung iterativ durchlaufen werden sollten. Das LLUA-Rahmenwerk gibt solche Phasen nicht explizit vor. Es bietet somit einen weniger theoriebasierten und dafür

¹⁹Die fünf Phasen wurden bereits auf Seite 75 beschrieben.

stärker anwendungsorientierten Ansatz. Darüber hinaus ist das *Konzept der Abbildung* in das Vorgehensmodell der Datenanalyse im Tätigkeitsbereich „Technische und menschliche Umgebung anpassen“ eingebettet. Durch dieses Zusammenspiel wird eine ganzheitliche Betrachtung der (Weiter-)Entwicklung der Umgebung und Durchführung sowie des Einsatzes von Datenanalysen und dessen Auswirkungen in Lehrveranstaltungen gegeben.

IFLA setzt auf die Betrachtung einer Umsetzung in drei Ebenen und zielt mit dieser auf die Verbindung zentraler analytischer Konzepte mit den Anforderungen aus dem Bildungsbereich ab: (1) konzeptionelle Ebene, (2) logische Ebene und (3) physikalische Ebene [Soltanpoor 2018, S. 77]. Die konzeptionelle Ebene unterstützt dabei, die analytischen deskriptiven, prädiktiven und präskriptiven Ansätze zu modellieren. Mit den logischen und physikalischen Ebenen kann die von [Soltanpoor 2018] vorgeschlagene zusammengesetzte Analysearchitektur (engl. *composite analytics architecture*) auf die Bildungswelt abgebildet werden. Die *composite analytics architecture* kann als Vorgehensmodell für die Sammlung, Verarbeitung, Speicherung und Analyse der Bildungsdaten betrachtet werden, welches die drei oben genannten analytischen Ansätze integriert.

Wie bereits oben erwähnt, widmen sich beide Rahmenwerke nicht explizit der Entwicklung von Umgebungen oder Softwareanwendungen für projektbasierte Lehrveranstaltung. Somit bieten beide auch keine explizite Unterstützung zur Entwicklung einer technischen Umgebung, mit welcher die Veranstaltenden und Teilnehmenden ihre Aufgaben organisieren und durchführen können. Der Bereich der „Organisation und Kollaboration“ wird nicht adressiert. Auch werden nur wenige Handlungsempfehlungen für den Umgang mit den Datenanalysen und keine technischen Instruktionen (weder konkrete noch prinzipielle) gegeben, die bei dem Aufsetzen und der Wartung einer Umgebung oder Softwareanwendung unterstützen. Von beiden wird (nach dem Wissen des Autors dieser Arbeit) kein weiteres Dokument (wie z. B. ein Handbuch) bereitgestellt, das den Personen bei der Benutzung des jeweiligen Rahmenwerks hilft. Außerdem werden keine konkreten technischen Artefakte bereitgestellt, welche von anderen Personen benutzt werden können.

Abschließend ist festzuhalten, dass die drei betrachteten Rahmenwerke (DLAIS, IFLA und LLUA-Rahmenwerk) nicht konträr, sondern in Teilen ergänzend zueinander zu betrachten sind. Das LLUA-Rahmenwerk könnte in Zukunft z. B. davon profitieren noch stärker bei der Integration und Überprüfung der eingesetzten Lehr- und Lerntheorien zu assistieren – wie dies vom DLAIS forciert wird. Die konzeptionelle Einbettung und der praktische Einsatz von prädiktiven Analysen – wie es das IFLA vornimmt – könnte zum einen die AnalyseevaluatorIn bei der Interpretation von Analyseergebnissen unterstützen. Zum anderen könnten die Personen, deren Daten analysiert werden, bei der frühzeitigen Selbstreflexion unterstützt werden, indem sie Zugriff auf die Ergebnisse erhalten.

18.1.3 Prozesse und Vorgehensmodelle

In diesem Abschnitt wird das entwickelte Vorgehensmodell für die Datenanalyse des LLUA-Rahmenwerks mit anderen betrachteten Prozessen bzw. Vorgehensmodellen verglichen.

Mit dem Fokus auf die zeitliche Perspektive wird der Einsatz von Datenanalysen durch den von [Şahin und Yurdugül 2020] beschriebenen dreischrittigen Prozess (*Prevention, Intervention, Postvention*)²⁰ dargestellt. Die zeitliche Perspektive bezieht sich in diesem Fall darauf, wann die Ergebnisse der Analysen benutzt werden und nicht wann die Analysen

²⁰Bereits auf Seite 78 beschrieben.

durchgeführt werden. Eines der Ziele bei der Entwicklung des LLUA-Rahmenwerks war es, die Veranstaltenden in die Lage zu versetzen, den Teilnehmenden zeitnahe Rückmeldungen zu ihrem Verhalten geben zu können. Das Vorgehensmodell für die Datenanalyse des LLUA-Rahmenwerks (VMDA) ist dazu entwickelt worden, in allen drei zeitlichen Abschnitten die Veranstaltenden und Teilnehmenden durch Datenanalysen mit neuen Informationen zu unterstützen. Dennoch werden diese in dem VMDA nicht explizit erwähnt. Wann die Datenanalysen durchgeführt werden, ist von den Gegebenheiten, Bedürfnissen und Zielen der nutzenden Personen abhängig.

Der von [Romero und Ventura 2020] vorgestellte zyklische Prozess (s. Abbildung 3.4), stellt die Aufzeichnung der Daten, das Vorgehen bei der Datenanalyse und den Einsatz des gewonnenen Wissens zwar nur abstrakt dar, bezieht jedoch bereits in der Darstellung explizit die Personen (*Academic authorities*, *Instructors* und *Students*) mit ein – also die Zielgruppen: *data subjects* und *data clients* (s. Seite 61). Außerdem werden die Bildungs-umgebungen unterschiedlicher organisatorischer Ebenen berücksichtigt mit deren Hilfe die Daten (technisch) aufgezeichnet werden. Im VMDA sind die Personen durch Rollen abstrahiert und diese in der Beschreibung den einzelnen Tätigkeitsbereichen zugeordnet. Das betrifft sowohl die Rollen für die Zielgruppen als auch die Rollen, welche den Datenanalyseprozess durchführen. Somit wird hier bereits eine kooperative Perspektive eingenommen, welche auf der einen Seite die Tätigkeiten detaillierter und auf der anderen Seite das Zusammenwirken von Personen, welche diese Tätigkeiten durchführen, beschreibt. Auf dieser Grundlage werden außerdem konkrete Instruktionen und Handlungsempfehlungen gegeben, welche die Nutzung des entwickelten VMDAs unterstützen. Die explizite Darstellung der Lehr- und Lernumgebungen sowie der Bildungsdatensammlung in dem zyklischen Prozess von [Romero und Ventura 2020], wird vom LLUA-Rahmenwerk u. a. von dem groben technischen Entwurf (s. Abbildung 12.13) adressiert.

Das bereits auf Seite 77 beschriebene *LAVA Model* sieht ähnliche Schritte wie das Vorgehensmodell des LLUA-Rahmenwerks vor²¹. Im Gegensatz zum LAVA-Modell werden in dem Vorgehensmodell die Durchführung von Lehr- und Lernaktivitäten nicht explizit berücksichtigt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich das Vorgehensmodell hauptsächlich auf die Durchführung der Datenanalysen konzentriert. Die Lehr- und Lernaktivitäten werden dennoch von einigen Tätigkeitsbereichen des Vorgehensmodells beeinflusst („Technische und menschliche Umgebung anpassen“ und „Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen“).

Die beiden Schritte aus dem LAVA-Modell *Daten aufzeichnen* sowie *Daten speichern und vorverarbeiten* sind im VMDA detaillierter ausgearbeitet („Qualität, Vollständigkeit und Risiken der Datenbasis untersuchen“, „Aufzuzeichnende Daten spezifizieren, ggf. Risiken minimieren“, „Technische und menschliche Umgebung anpassen“ sowie „Daten extrahieren, ggf. transformieren und sammeln“). Das VMDA hebt dadurch u. a. die Wichtigkeit hervor, die Daten hinsichtlich ihrer Qualität und vorhandenen sowie potenziellen Risiken zu untersuchen und darauf zu reagieren, um fehlerhaften Analysen oder Verletzungen von Persönlichkeitsrechten bereits vor der eigentlichen Datenanalyse vorzubeugen. Dadurch soll außerdem die Datenkompetenz der DatenanalytikerInnen gefördert werden.

Um diesen Effekt zu verstärken, wurde in dem VMDA vor der „Interpretation der Analyseergebnisse“ der Tätigkeitsbereich „Qualität und Nutzen der Analyseergebnisse sicher-

²¹Zur Erinnerung: Das LAVA-Modell wurde u. a. bei der Entwicklung des Vorgehensmodells für die Datenanalyse des LLUA-Rahmenwerks zur Orientierung verwendet.

stellen“ eingeführt. Dieser dient wiederum zur Kontrolle des vorangegangenen Schritts „Analysen durchführen“, bevor die Personen durch Interpretationen neues Wissen generieren, welches sie in Zukunft beeinflussen könnte. Das Zusammenspiel dieser Schritte ist in dem LAVA-Modell in den Schritten *Daten analysieren*, *Analyseergebnisse visualisieren*, *Wahrnehmung und Wissen abgleichen* sowie *Exploration* anzusiedeln.

Als Folgeschritt ist in beiden Modellen vorgesehen, Aktionen abzuleiten, um das gewonnene Wissen einzusetzen (*Handlungen ableiten und umsetzen* bzw. „Analyseergebnisse gewinnbringend einsetzen“).

Zusätzlich zu dem VMDA selbst stellt das LLUA-Rahmenwerk außerdem ein Schema für die Dokumentation bereit, welches alle Tätigkeitsbereiche umfasst. Dadurch soll u. a. die Transparenz und Nachvollziehbarkeit bei der Untersuchung der Daten und Generierung neuer Informationen gefördert werden.

Ergänzend zu den bisher betrachteten Prozessen und Vorgehensmodellen anderer Forscher, wird im Folgenden ein Vorgehensmodell angeführt, welches einen höheren Detailgrad besitzt, jedoch nicht explizit dem Einsatz im Bildungsbereich gewidmet ist. Das Vorgehensmodell wird im Folgenden grob beschrieben²², um eine Vergleichbarkeit mit dem VMDA herzustellen. Das sogenannte *DASC-PM* in der Version 1.1 [Schulz u. a. 2022] teilt ein Data-Science Projekt in die folgenden fünf Phasen ein:

- *Projektauftrag*: Use-Case-Entwicklung, Projektskizze, umfassende Betrachtung aller zugehörigen Aufgaben des Projekts
- *Datenbereitstellung*: Datenaufbereitung, Datenmanagement, explorative Analyse, nutzbare Datensammlung
- *Analyse*: Nutzung vorhandener und/oder Entwicklung neuer Verfahren, Analyse-durchführung, fachlich evaluierte Analyseergebnisse
- *Nutzbarmachung*: anwendbare Form der Analyseergebnisse, Bereitstellung von Resultaten/Modellen/Verfahren
- *Nutzung*: ggf. Monitoring der Auswirkungen der Analyseartefakte, Überprüfung der Eignung, Gewinnung neuer Erkenntnisse

Außerdem betrachtet es die folgenden drei übergreifenden Schlüsselbereiche:

- *Domäne*: Berücksichtigung domänenspezifischer Rahmenbedingungen
- *Wissenschaftlichkeit*: im Business-Kontext Fokus auf saubere Methodik, Projektmanagement und strukturierte Bearbeitung
- *IT-Infrastruktur*: Ausmaß der IT-Unterstützung bewerten, limitierende und befähigende Merkmale der IT-Infrastruktur berücksichtigen

In Abbildung 18.1 sind die fünf Phasen und drei Schlüsselbereiche von DASC-PM grafisch dargestellt.

Zusätzlich werden vier Kernrollen (KR) und zwei ergänzende Rollen (ER) beschrieben, die in einem Data-Science Projekt agieren und den einzelnen Phasen zugeordnet werden:

- *KR Data Scientist*: Spezialisten für den Analysebereich eines Data-Science-Projekts, Data Analyst, Methodenspezialist und Data Scientist Consultant
- *KR Data Engineer*: Beschaffung, Speicherung, Aufbereitung, Strukturierung und Weitergabe von Daten

²²Die Beschreibungen der Stichwörter sind aus [Schulz u. a. 2022, S. 20] zusammengefasst übernommen worden.

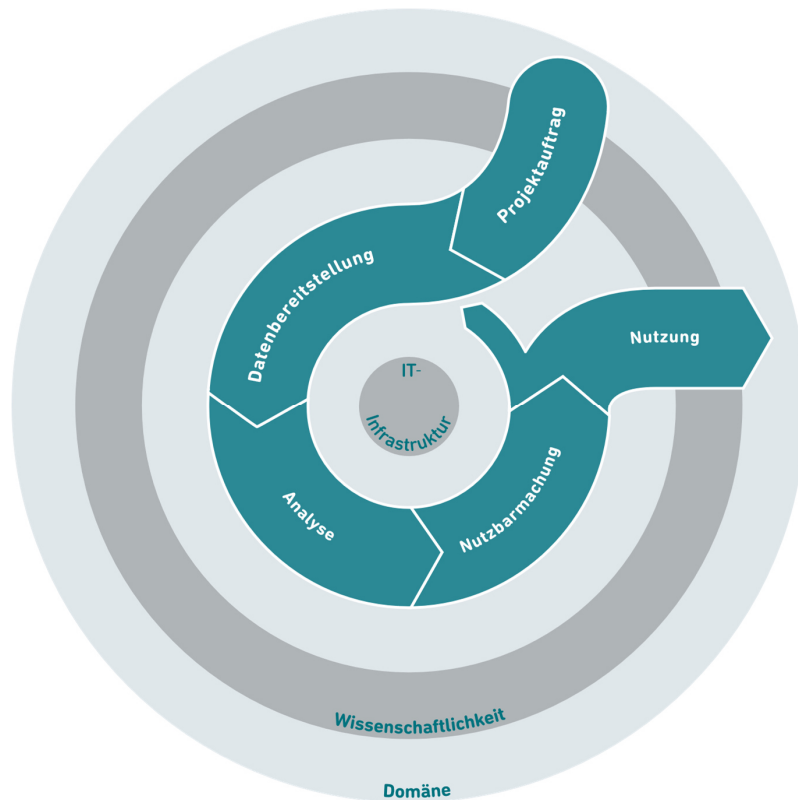


Abbildung 18.1: Data-Science-Vorgehensmodell DASC-PM [Schulz u. a. 2022, Abbildung 6, S. 19].

- *KR Domänenexperte*: Fachanwender, Vertreter, Wissen über Anwendungsdomäne, Bindeglied zwischen Unternehmenszielen und Datenanalysen, Bestimmung des Umfangs
- *KR Projektmanager*: Planung, Steuerung und Koordination des Projekts, Bestimmung des Umfangs
- *ER Technischer Support*: Entwicklung einer geeigneten IT-Infrastruktur, Administration, Konfiguration, Implementierung
- *ER Compliance Support*: Einhaltung von Rahmenbedingungen, Datenschutz und Persönlichkeitsrechten

Ähnlich wie im VMDA werden im DASC-PM die Rollen den einzelnen Phasen zugeordnet. Die Rollen werden im Abschnitt 18.1.5 genauer betrachtet. Von den fünf Phasen unterscheidet sich nur die des *Projektauftrags* grundlegend von den zuvor betrachteten Prozessen und Vorgehensmodellen. Die anderen vier lassen sich entsprechend der vorherigen Schilderungen auf die Tätigkeitsbereiche im VMDA abbilden. Wie das VMDA hebt auch das DASC-PM die Phase des *Projektauftrags* explizit hervor. Im VMDA ist diese Phase durch die Tätigkeitsbereiche „Zu gewinnende Informationen beschreiben“ und „Ziele verstehen und Analysefragen formulieren“ repräsentiert. Somit wird auch im VMDA explizit berücksichtigt, dass die Personen, welche die Analysen durchführen, nicht die Personen sein müssen, welche die gewonnenen Informationen aus den Analysen nutzen wollen (*data*

subjects). Dies ist in den vorangegangenen Prozessen und Vorgehensmodellen nicht entsprechend beschrieben worden.

Die Schnittmenge des DASC-PM und des VMDA ist groß und das gesamte Dokument [Schulz u. a. 2022] kann als Äquivalent zu dem Abschnitt „Datenanalysen“ im zum LLUA-Rahmenwerk zugehörigen Handbuch betrachtet werden (diese Diskussion wird in Abschnitt 18.1.4 geführt). Während in vielen Abschnitten des DASC-PM eine Dokumentation gefordert wird, wird kein einheitliches Schema für eine solche Dokumentation bereitgestellt, wie dies der Fall im Kontext des VMDA ist. Allerdings wird im Kontext des DASC-PM ein Fragebogen zur Verfügung gestellt [Schulz u. a. 2022, S. 90 ff.], welcher dabei unterstützt das Projekt in der Phase des *Projektauftrags* konkret zu definieren. Ein solcher wäre in angepasster Form eine Bereicherung für das LLUA-Rahmenwerk.

18.1.4 Handbuch

In diesem Abschnitt wird das Handbuch²³, welches im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelt wurde und den Einsatz des LLUA-Rahmenwerks unterstützen soll, mit anderen ähnlichen Handbüchern verglichen. Zur Vereinfachung wird das Handbuch im Folgenden LLUA-Handbuch genannt.

Die Softwareanwendung *Loop* [Corrin u. a. 2015] wurde bereits auf Seite 80 erwähnt. Sie wurde speziell zur Aufbereitung von Informationen für Veranstaltende entwickelt und soll dabei unterstützen, LA mit Learning Design (LD) zu integrieren. Somit wurde sie speziell für den Bildungsbereich entwickelt. Das in dem Kontext herausgegebene Handbuch *Completing the Loop* (CtL) [Corrin u. a. 2016] bietet Hintergrundinformationen zu LA und LD, Beschreibungen, was die Veranstaltenden häufig über ihre Lehrveranstaltungen und Teilnehmenden wissen wollen, Anleitung zur Benutzung der *Loop* Softwareanwendung, wie man diese in Lehrveranstaltungen einsetzen könnte sowie beispielhafte Fallstudien, in denen die Softwareanwendung eingesetzt wurde.

Das CtL-Handbuch bietet lediglich Inhalte, die sich vorrangig mit dem Abschnitt „Datenanalysen“²⁴ im LLUA-Handbuch und in geringen Teilen mit dem Abschnitt „Setup und Wartung“²⁵ vergleichen lassen. Somit werden die anderen Bereiche des LLUA-Handbuchs hier nicht explizit hervorgehoben. Die Beschreibungen dessen, was Veranstaltenden in der Regel über ihre Lehrveranstaltungen erfahren möchten, liefern Hinweise für andere, was sie analysieren könnten. Dies lässt sich mit dem Abschnitt „Beispielhafte Ziele und Fragenkatalog“²⁶ des LLUA-Handbuchs vergleichen. Während im CtL nur allgemeine Ziele stehen, werden im LLUA-Handbuch die Ziele um konkrete Analysefragen ergänzt. Außerdem beinhaltet das LLUA-Handbuch Hinweise dazu, wie eigene Ziele definiert und auf diese ausgerichtete Analysefragen erstellt werden können.

Die Anleitung zur Benutzung von *Loop* beschreibt vorrangig die grafische Oberfläche und wie mit dieser z. B. Kurse angelegt und deren Daten analysiert werden können. Wie *Loop* mit dem Datenquellen (*Learning Management Systems* (LMS)) verbunden wird und wie die Daten extrahiert werden, ist im Anhang des Handbuchs und im *Installation Gui-*

²³<https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/>, besucht am 31.01.2024

²⁴<https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/>, besucht am 31.01.2024

²⁵https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/, besucht am 31.01.2024

²⁶https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/analysen_auswaehlen/#beispielhafte_ziele_und_fragenkatalog, besucht am 31.01.2024

de²⁷ beschrieben. Außerdem wird anschaulich erörtert, wie die einzelnen Diagramme und Tabellen zu nutzen und zu verstehen sind, die sich auf Grundlage der Daten ergeben. Im LLUA-Handbuch werden konkrete Hinweise gegeben, wie die jeweiligen Analysewerkzeuge (konkret: Power BI²⁸, Disco²⁹ und ProM³⁰) zu nutzen und die beispielhaft erzeugten Analyseergebnisse zu lesen sind. Aufgrund des beispielhaften Charakters fallen die Beschreibungen knapper aus, als in dem CtL-Handbuch. Demgegenüber wird jedoch konkret beschrieben, wie die Daten vorverarbeitet werden können – im konzeptionellen und konkreten Fall der exemplarischen LLUA.

Im Gegensatz zum CtL-Handbuch, beinhaltet das LLUA-Handbuch keine konkreten Fallstudien, wirkt diesem aber mit beispielhaften Analysen entgegen. Darüber hinaus bietet das LLUA-Handbuch zusätzlich Interpretationshilfen und schlägt ein Vorgehen für die Kommunikation der Analyseergebnisse vor. In diesen Kontexten wird außerdem auf Risiken von z. B. fehlerhaften Analysen und Verletzung von Persönlichkeitsrechten hingewiesen, was dem CtL-Handbuch fehlt.

Die beiden weiteren Dokumente, welche zum Vergleich mit dem LLUA-Handbuch herangezogen werden, sind die Beschreibung des DASC-PM Vorgehensmodell [Schulz u. a. 2022] (s. o.) und das digitale Buch *The Art of Data Science* (TADS) [Peng und Matsui 2017]. Diese wurden zwar nicht explizit für den Einsatz im Bildungsbereich entwickelt und werden nicht als Handbücher bezeichnet, weisen jedoch viele inhaltliche Überschneidungen mit dem Abschnitt „Datenanalyse“³¹ des LLUA-Handbuchs auf.

Von beiden wird – genau wie vom LLUA-Handbuch – ein konkretes Vorgehen bei der Datenanalyse beschrieben. Das Vorgehen wird jeweils durch detaillierte Texte unterstützt. Während vom LLUA-Handbuch darüber hinaus ein einheitliches Schema zur Dokumentation der gesamten Datenanalyse bereitgestellt wird, ist ein solches in den beiden anderen Dokumenten nicht zu finden (vgl. Seite 434). Diese beschreiben vorrangig die einzelnen Tätigkeiten und deren generelle Ausprägungen. Das LLUA-Handbuch ergänzt diese zu Teilen mit konkreten Instruktionen und der Bereitstellung technischer Artefakte für konkrete Werkzeuge.

Alle drei Dokumente bieten Hilfestellungen, um geeignete Analyseziele auszuwählen und Analysefragen zu formulieren.

Außerdem werden in den dreien Beschreibungen gegeben, wie die vorhandenen Daten untersucht und auf- bzw. vorverarbeitet werden können. In DASC-PM und im LLUA-Handbuch wird dabei zusätzlich auf das Management von Daten und das Anlegen einer zentralen Datensammlung eingegangen. Nur im LLUA-Handbuch werden konkrete technische Artefakte für die Vorverarbeitung von Daten beschrieben und zur eigenen Verwendung bereitgestellt.

Während in DASC-PM und TADS die Wahl geeigneter Analyseverfahren unterstützt wird, wird dies vom LLUA-Handbuch nur in Bezug auf BI und PM angeboten. Jedoch werden vom LLUA-Handbuch die nutzenden Personen, genau wie von DASC-PM, bei der Auswahl geeigneter Werkzeuge unterstützt. Darüber hinaus werden in Form der exemplarischen LLUA konkrete Vorschläge gemacht. Auch innerhalb dieses Kontextes werden

²⁷https://melbourne-cshe.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0006/2033898/LoopTool_InstallationGuide.pdf, besucht am 31.01.2024

²⁸Microsoft 2024d.

²⁹Fluxicon 2024a.

³⁰ProM Tools 2024c.

³¹<https://llua-raahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/>, besucht am 31.01.2024

ausschließlich vom LLUA-Handbuch konkrete technische Artefakte bereitgestellt, die zur Analyse eigener Daten genutzt werden können. Im Gegenzug beschreibt das TADS jedoch konkrete statistische Methoden und Visualisierungen (teilweise mit Programmcode), welche auf eigene Daten angewendet werden können.

Darüber hinaus wird die Nutzarmachung der Analyseergebnisse, also die Interpretation, die Entwicklung von Anpassungen und die Kommunikation dieser, in allen dreien behandelt. Dabei werden u. a. unterschiedliche Bereitstellungsformen besprochen und darauf hingewiesen, dass die Zielgruppe bei der Aufbereitung und Kommunikation berücksichtigt werden sollte. TADS und das LLUA-Handbuch weisen in diesem Zusammenhang beide darauf hin, dass Raum für eine offene und kollaborative Besprechung der Analyseergebnisse mit den analysierten Personen geschaffen werden sollte.

Das DASC-PM und LLUA-Handbuch berücksichtigen beide die Kooperation verschiedener Personen auf der Basis von Rollen und das Zusammenspiel mehrerer Expertisen, bei der Durchführung des gesamten Datenanalyseprozesses.

Sowohl DASC-PM und TADS schlagen – im Gegensatz zum LLUA-Handbuch – weder eine konzeptionelle noch konkrete Ausgestaltung der technischen Infrastruktur vor. Während die IT-Infrastruktur vom DASC-PM als eines der drei beteiligten Fachdomänen betrachtet und ihre Herausforderungen und Aufgaben in Bezug auf die Schlüsselbereiche (Daten, Analyseverfahren, Nutzarmachung, Nutzung und Domäne/Kontext) erörtert werden, wird dieser Bereich vom TADS ausgelassen. Beide enthalten daher keine konkreten Hinweise zur Entwicklung, dem Setup, der Benutzung und der Wartung einer technischen Infrastruktur, mit welcher Datenanalysen durchgeführt werden können. Vom LLUA-Handbuch werden in diesem Kontext neben prinzipiellen Hilfestellungen sogar technische Artefakte und konkrete Anleitungen bereitgestellt, die dabei unterstützen, die exemplarische LLUA aufzusetzen, zu benutzen und zu pflegen.

18.1.5 Systematische Betrachtungsweise

Multiagentensysteme Im Kontext dieses Forschungsprojekts wurde als grundlegende Betrachtungsweise von Lehrveranstaltung die multiagentenorientierte Perspektive nach MULAN (s. Seite 35) gewählt. Das MULAN-Agentenkonzept wurde außerdem rudimentär um die Konzepte des BDI-Agenten-Ansatzes erweitert (s. Abschnitt 10.2.4). Andere vorgestellte Ansätze (s. Seite 49 und Seite 52) bieten gegenüber dem verwendeten Ansatz nicht nur Nachteile, sondern auch einige Vorteile, die für die Absichten dieses Forschungsprojekts jedoch nicht benötigt wurden.

SONAR bietet die u. a. Möglichkeit zu beschreiben, welche Positionen einer Organisation welche Aufgaben ausführen bzw. delegieren, und wie die Positionen und Aufgaben hierarchisch angeordnet sind. Dies ließe sich zwar auch für die Modellierung einer projektbasierten Lehrveranstaltung gewinnbringend einsetzen, wurde für die Förderung einer systematischen Betrachtungsweise jedoch als zu detailliert eingestuft.

ORGAN ist stark auf die Schachtelung von Organisationseinheiten abgestimmt. Während auch in dieser Arbeit die Schachtelung von MULAN-Konzepten (Infrastruktur, Plattform, Agent und Rollen) genutzt wurde, steht diese bei der Betrachtung einzelner Lehrveranstaltungen jedoch nicht im Fokus. Die Verwendung von ORGAN könnte ihre Vorteile stärker entfalten, wenn die Abhängigkeiten der organisatorischen Ebenen (z. B. Universitäten, Fakultäten, Fachbereiche und Lehrveranstaltungen) im Fokus der Betrachtung stehen würden.

Eine gute Alternative zu dem gewählten Ansatz hätte die Betrachtung nach dem Vorbild des PAFFIN-Systems dargestellt, denn auch in Lehrveranstaltungen verhalten sich die einzelnen Agenten in Teilen wie Prozesse bzw. Workflows. Außerdem werden zur Modellierung von PAFFIN-Systemen die gleichen Modellierungstechniken wie im Kontext von MULAN eingesetzt – erweitert um das Konzept der *Agent-Activity*. Während im PAFFIN-System die Gleichstellung von Agenten und Workflows angestrebt wird, war das Ziel für dieses Forschungsprojekt, die AkteurInnen in den Fokus zu rücken. Das Bestreben war es, vorrangig deren Ziele, Lösungsansätze und Bedürfnisse zu fördern anstatt die Ausführung vordefinierter Workflows.

Unter anderem aus diesem Grund wurden die BDI-Konzepte rudimentär in das MULAN-Agentenkonzept integriert, um vor diesem Hintergrund den Kosmos projektbasierte Lehrveranstaltungen zu modellieren. Deshalb wurde auch von einer prozessorientierten Betrachtungsweise abgesehen. So war es auf der einen Seite möglich, einzelne Rollen zu definieren, die unterschiedliche Ziele und Lösungsansätze verfolgen und auf dieser Basis unterschiedliche Interaktionen mit anderen Rollen und ihrer Umgebung ausführen. Die Aggregation dieser Rollen zu Agentenspezifikationen ermöglichte wiederum die Abbildung auf tatsächliche Personen, welche zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Lehrveranstaltung unterschiedliche Rollen integrieren und diese verstärkt sowie verringert ausleben können.

Der Autor von [Ingram 2020] verwendet zur Simulation ein agentenbasiertes Modell von Unterrichtsstunden in Klassenräumen. Dazu nutzt er zur Definition/Einschränkung der möglichen Aktivitäten der Agenten, Zustände der Agenten. Die Aktivitäten zwischen den Agenten und ihrer Umwelt sind als Interaktionen modelliert, an welchen die beteiligten Agenten zeitgleich teilnehmen. In dem hier verfolgten Ansatz werden zwar die Aktivitäten ähnlich betrachtet, jedoch werden mögliche Zustände der Agenten bzw. Rollen nicht berücksichtigt und auch die Umgebung (wie z. B. der Klassenraum) wird hier nur geringfügig berücksichtigt. Letztes wird zwar durch die Modellierung von Plattformen, auf denen sich die Agenten zur Laufzeit befinden, ermöglicht, in dieser Arbeit werden allerdings keine konkreten Ausprägungen dieser Plattformen einbezogen. Der gewählte Detailgrad der Modellierung hat den Anforderungen dieses Forschungsprojekts genügt. Dennoch ist es eine interessante Überlegung, in Zukunft die Plattformen, auf denen sich die einzelnen Agenten zu einem bestimmten Zeitpunkt der Lehrveranstaltung befinden, und ihren aktuellen Zustand mit in die systematische Betrachtung einfließen zu lassen. Auf dieser Grundlage könnten auch neue Ansätze für die Datenanalysen geschaffen werden, um z. B. die Analyseergebnisse mit beabsichtigten Gegebenheiten abzugleichen.

Die Modellierung der Umgebung wird z. B. auch im *SimEd*-Modell [Sklar u. a. 2004] berücksichtigt. Neben dem Klassenraum wird dort auch die Schule und der Schuldistrikt miteinbezogen. Durch die Berücksichtigung anderer organisatorischer Ebenen (s. o.), als nur der Lehrveranstaltung, könnten auf diesen auch z. B. die Verwaltungsangestellten und das technische Personal einer Universität mit in die systematische Betrachtungsweise integriert werden. Vor diesem Hintergrund könnten neue Ziele und Herausforderungen identifiziert und somit neue Anforderungen an die Umgebung (z. B. LLUA) definiert werden. So könnte z. B. die Kooperation der Rolle AdministratorIn mit den Rollen des technischen Personals modelliert und gefördert werden.

Im *SimEd*-Modell werden außerdem externe (z. B. soziale) sowie interne (z. B. (Vor-)Wissen) Faktoren berücksichtigt. In der gewählten Betrachtungsweise dieses Forschungsprojekts ist zwar die Modellierung des Wissens der Agenten vorgesehen, wird jedoch nicht explizit eingesetzt. Generell werden diese Faktoren in diesem Forschungsprojekt nicht kon-

kret modelliert. Auch dies stellt eine interessante Erweiterungsmöglichkeit für eine detailliertere Betrachtungsweise dar.

Rollen Im Kontext der Darstellung von Lehrveranstaltungen als MAS sind dem Autor dieser Arbeit keine Rollenmodelle bekannt, die einen höheren Detailgrad als die genannten aufweisen (s. Seite 49). Diese sehen auf der Ebene der Lehrveranstaltungen Rollen vor. Zu diesen zählen u. a. Lehrende, Studierende/Lernende und TutorInnen/Lehrassistentierende (wie z. B. auch im Fall von [Ingram 2020]). Diese gleichen weniger denen in dieser Arbeit identifizierten Rollen für die Lehre und das Lernen (s. Abschnitt 5.2.2) und mehr den definierten Agentenspezifikationen „Veranstaltende“ und „Teilnehmende“ (s. Abschnitt 5.2.1).

Detailliertere Rollenmodelle lassen sich aber z. B. im Kontext von LMS finden, in denen diese zwar vorrangig zur Rechteverwaltung eingesetzt werden, mit diesen Rechten jedoch auch definierte Aufgabenbereiche und Tätigkeiten einhergehen. Im Folgenden werden die in dieser Arbeit definierten Rollen (und Agentenspezifikationen) mit einigen der vordefinierten Rollen der drei LMS Moodle³², Canvas³³ und Blackboard³⁴ verglichen und deren Aufgabenbereiche sowie Verantwortlichkeiten diskutiert. Konkrete Ziele und Lösungsansätze werden für die LMS Rollen nicht genannt und können somit auch nicht betrachtet werden.

In Moodle sind vier für diese Arbeit relevante Rollen definiert: *Trainer/in*, *Trainer/in ohne Bearbeitungsberechtigung*, *Teilnehmer/in* und *Gast*. Die *Trainer/in* entspricht einer Aggregation der Rollen LehrerIn, ProjektmanagerIn, AdministratorIn, VeranstaltungsentwicklerIn, PrüferIn und AngestellteR und würde in der Auffassung dieser Arbeit vorrangig von Dozierenden und Lehrbeauftragten ausgefüllt werden. Die *Trainer/in ohne Bearbeitungsberechtigung* fehlen von den oben genannten die Rollen ProjektmanagerIn, AdministratorIn und VeranstaltungsentwicklerIn. Diese würde vorrangig von Hilfskräften ausgefüllt werden. Die *Teilnehmer/in* ist nur wagen beschrieben und entspricht am ehesten der Agentenspezifikation Teilnehmende. Die Moodle-Rolle *Gast* hat wenig Rechte und darf keine Texte eingeben. Sie gleicht am ehesten der Rolle BeobachterIn. (vgl. [Moodle - Rollen 2024])

In Canvas ähnelt die Rolle *Lehrende* Moodles *Trainer/in*, die Rolle *Studierende* Moodles *Teilnehmer/in* und die Rolle *Lehrassistent*in* Moodles *Trainer/in ohne Bearbeitungsberechtigung*. Besonders ist, dass hier die Rolle *Designer*in* extra aufgeführt wird. Diese entspricht am ehesten einer Aggregation der Rollen ProjektmanagerIn, AdministratorIn und VeranstaltungsentwicklerIn. Außerdem ist die Rolle *Beobachter*in* vordefiniert, welche in Teilen dem Aufgabenbereich der AnalytikerIn ähnelt, jedoch ohne Dienstleistungen zu erbringen. (vgl. [Canvas - Rollen 2024])

In Blackboard werden außerdem die Rollen *Grader* und *Facilitator* benannt. Die erstgenannte entspricht der Rolle PrüferIn, jedoch mit einer stärker assistierenden Auffassung. Die zweitgenannte deckt sich in Teilen mit einer Aggregation der Rollen LehrerIn und VeranstaltungsentwicklerIn, allerdings ist diese Rolle noch weitergefasst, da sie vorrangig von FachexpertInnen ausgefüllt wird, welche Inhalte erzeugen und ggf. auch vermitteln, die in mehreren Lehrveranstaltungen zum Einsatz kommen. (vgl. [Blackboard - Rollen 2024])

³²<https://moodle.org/>, besucht am 31.01.2024

³³<https://www.instructure.com/canvas>, besucht am 31.01.2024

³⁴<https://www.blackboard.com/en-mea/teaching-learning>, besucht am 27.09.2023; Anmerkung: Nach der Fertigstellung des vorliegenden Textes wurde der Name Blackboard in *anthology* geändert.

Auffällig im direkten Vergleich mit den hier identifizierten Rollen ist, dass die Kooperationsrolle in den drei LMS nicht bzw. nur implizit repräsentiert ist. Zwar werden unterstützende und kooperierende Rollen für VeranstalterIn genannt, jedoch fehlt diesen die Kooperation unter den Studierenden. Es scheinen somit keine Rechte vorgesehen zu sein, damit Teilnehmende die Aufgaben anderer Teilnehmenden einsehen können, um denen ggf. bei ihren Herausforderungen zu helfen. Die Aufgabenbereiche der Rolle ProjektmanagerIn sind ebenfalls als unterrepräsentiert zu bewerten. Dies deckt sich ebenfalls mit der Beobachtung von [Bernardino u. a. 2022], dass die Entwicklung von PMUs für Lernprozesse in der Vergangenheit vernachlässigt wurde. Die betrachteten LMS werden i. d. R. nicht in projektbasierten Lehrveranstaltungen, sondern in solchen mit Vorlesungen und Übungen bzw. Tutorien eingesetzt. Wahrscheinlich resultiert daraus die Unterrepräsentation der Kooperationsrolle und der ProjektmanagerIn Rollen.

Die Aufgabenbereiche der Rolle AnalytikerIn lassen sich am ehesten in den Rollen Gast (Moodle), Beobachter*in (Canvas) und Guest (Blackboard) wiederfinden. Jedoch als ausschließlich proaktive Rolle, die den anderen Rollen keine Dienstleistungen erbringt und auch keine Datenanalysen durchführt. Im Kontext dieses Forschungsprojekts wurde dieser Rolle eine verstärkte Aufmerksamkeit gewidmet und ihre Subrollen herausgearbeitet (s. Abschnitt 6.2.2).

Einige der vorherigen und einige dieser Subrollen lassen sich z. B. mit den Rollen des Vorgehensmodells DASC-PM³⁵ [Schulz u. a. 2022] in Beziehung setzen. Die Rolle des *Domänenexperten* wird in dieser Arbeit je nach Kontext und Fragestellung von den Rollen LehrerIn, LernerIn, ProjektmanagerIn, PrüferIn, Prüfling und VeranstaltungsentwicklerIn erfüllt. Die Rolle des *Projektmanagers* ist hier mit der ProjektmanagerIn gleichzusetzen sowie die Rolle *Technischer Support* von der AdministratorIn repräsentiert wird. Die Rolle des *Data Engineers* lässt sich auf die Rollen DatenverstherIn und DatenintegratorIn abbilden. Dafür, dass der Datenschutz und die Persönlichkeitsrechte eingehalten werden, ist in DASC-PM die Rolle *Compliance Support* zuständig. Hier wird dieser Aufgabenbereich vorrangig von den drei Rollen DatenverstherIn, AnalyseevaluatorIn und AnalyseanwenderIn ausgefüllt. Der *Data Scientist* könnte hier auf die Rollen DatenvisualisiererIn und AnalyseevaluatorIn abgebildet werden.

Während im Kontext des DASC-PM nur drei Datenanalyse-spezifische Rollen (*Data Scientist*, *Data Engineer* und *Compliance Support*) betrachtet werden, beinhaltet die hier entwickelte systematische Betrachtung feinere Rollen und eine differenziertere Aufteilung der Aufgabenbereiche und Kompetenzen auf diese Rollen.

18.2 Betrachtung der exemplarischen LLUA und ihres Einsatzes

Da die Entwicklung und Erprobung der exemplarischen LLUA signifikant zu der Entwicklung des LLUA-Rahmenwerks beigetragen haben, wird auch die exemplarische LLUA einem Vergleich mit verwandten Arbeiten unterzogen. Zu diesem Zweck wird zum einen die technische Umgebung betrachtet, welche die exemplarische LLUA darstellt. Zum anderen werden ihre Fähigkeiten zur Datenanalyse vor dem Hintergrund der Ergebnisse anderer Forschender diskutiert.

³⁵Die Rollen wurden bereits auf Seite 432 beschrieben.

18.2.1 Technische Umgebung

Die exemplarische LLUA wird hier zunächst allgemein betrachtet und im Anschluss mit Umgebungen und Softwareanwendungen anderer Forschender verglichen.

Kompetenzbereiche des Projektmanagements

Ähnlich wie das LLUA-Rahmenwerk selbst, bietet auch die exemplarische LLUA konkrete Unterstützung zur Ausübung der Tätigkeiten der beiden Kompetenzbereiche des Projektmanagements *Menschen* und *Praktiken* (nach [Kuster u. a. 2022]) an.

Die persönliche Kommunikation, die Teamarbeit und das ergebnisorientierte Arbeiten der *Menschen* werden vorrangig durch die Softwareanwendungen Jira³⁶, Confluence³⁷, Mattermost³⁸, BigBlueButton (BBB)³⁹ und ggf. GitLab⁴⁰ unterstützt. Die Selbstreflexion der *Menschen* wird durch die Durchführung, Veröffentlichung und Besprechung der Datenanalysen gefördert, wozu die Komponenten Power BI⁴¹, Disco⁴², ProM⁴³, BBB und Mattermost eingesetzt werden können.

Im Bereich der *Praktiken* realisiert die exemplarische LLUA ihre Unterstützung durch die Softwareanwendungen Jira und Confluence.

Technische Umgebung der PAOSE-Lehrveranstaltungen

Bevor die exemplarische LLUA mit dem DLAIIS-Rahmenwerk [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021] (s. Seite 75) analysiert wird, wird zunächst ein praktischer Vergleich mit der technischen Umgebung der PAOSE-Lehrveranstaltungen (s. Abschnitt 3.2.2) vorgenommen, welche den Ausgangspunkt für die Entwicklung der exemplarischen LLUA darstellt. Außerdem wird eine Erweiterung der exemplarischen LLUA heutzutage in den PAOSE-Lehrveranstaltungen eingesetzt.

Eine typische Integrierte Entwicklungsumgebung (engl. Abkürzung: IDE) für die Softwareentwicklung wurde in die exemplarische LLUA nicht explizit integriert. Ebenso wurde auch die Entwicklungsumgebung für MAS mittels des MULAN/CAPA-Rahmenwerks namens RENEW⁴⁴ nicht integriert. Die Gründe dafür sind, dass beides spezielle Werkzeuge sind, die je nach Lehrveranstaltungskontext unterschiedlicher Nutzung unterliegen oder nicht benötigt werden. Deren Integration stellte im Kontext der PAOSE-Lehrveranstaltungen keine außergewöhnliche Herausforderung dar. Außerdem wurde die Nutzung eines *Git bare Repository* und die *Continuous Integration* Umgebung Jenkins⁴⁵ von GitLab und seiner CI⁴⁶ abgelöst – was jedoch höchstens als indirekte Auswirkung des vorliegenden Forschungsprojekts zu bewerten ist.

³⁶Atlassian 2024c.

³⁷Atlassian 2024a.

³⁸Mattermost, Inc. 2024.

³⁹BigBlueButton 2023.

⁴⁰GitLab B.V. 2024.

⁴¹Microsoft 2024d.

⁴²Fluxicon 2024a.

⁴³ProM Tools 2024c.

⁴⁴<http://renew.de/>, besucht am 31.01.2024

⁴⁵<https://www.jenkins.io/>, besucht am 31.01.2024

⁴⁶<https://docs.gitlab.com/ee/ci/>, besucht am 31.01.2024

Direkte Auswirkungen sind z. B., dass der Austausch einzelner Dateien nicht länger über E-Mails oder einen NFS erfolgt, sondern über Confluence und in seltenen Fällen (wenn Dateien z. B. schnell mit einer Gruppe von Personen geteilt werden müssen) Mattermost genutzt werden. Anstatt Redmine⁴⁷ werden jetzt Jira und Confluence eingesetzt. Diese bieten – neben vielen neuen Funktionen, von denen bereits ausgiebig Gebrauch gemacht wurde – die Unterstützung für das Aufgabenmanagement, die kollaborative Dokumentation und Diskussionen. Die textuelle Kommunikation wurde (in den meisten Fällen) von E-Mails nach Mattermost verschoben und hinzu kommen der integrierte Sprachchat sowie die Bildschirmübertragung mittels BBB.

Die technische PAOSE Umgebung wurde auf der Projektmanagement- und Kollaborationsseite also umfangreich verändert. Hinzukommen zudem die Fähigkeiten der Datenanalyse, welche die PAOSE Umgebung zuvor nicht aufwies – auch von diesen wurde bereits in den PAOSE-Lehrveranstaltungen Gebrauch gemacht (vgl. Abschnitt 16.1.2).

Untersuchung nach DLAIS

Wie bereits zuvor beschrieben, geben die Autoren von [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021] an, dass ihr DLAIS-Rahmenwerk nicht nur zur Entwicklung, sondern auch zur Untersuchung von LAIS eingesetzt werden kann. In [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021, Table 1] wird von den Autoren ein entsprechendes Beispiel gegeben, wie eine solche Untersuchung vollzogen werden kann. Dieses Beispiel wurde vom Autor dieser Arbeit adaptiert und auf die exemplarische LLUA angewendet. Das Ergebnis wird im Folgenden präsentiert.

• Analyse

- Beobachtung: Eine zurzeit eingesetzte technische Umgebung für projektbasierte Lehrveranstaltungen (in den PAOSE-Lehrveranstaltungen) bietet nicht genügend Datenanalysemöglichkeiten.
- Theorien: (Selbst-)Reflexion bei problem- bzw. projektbasiertem Lernen unterstützen.
- Definiertes Ziel: Entwicklung einer Umgebung, die Veranstaltenden und Teilnehmenden sowohl Projektmanagement- und Kollaborationsfähigkeiten als auch visuelle Datenanalysemöglichkeiten bietet.
- Untersuchungsgegenstand: Lehrveranstaltungsebene (Verhalten der Personen und Benutzung der technischen Umgebung)
- Metriken: Interaktionen mit der technischen (und dadurch auch mit der menschlichen) Umgebung, Zeitspannen, Sequenzen/Prozesse

• Entwurf

- Kontext: Zeitweise verteiltes digitales Lernen in kooperativen und kollaborativen Umgebungen.
- Analysierte Personen: Veranstaltende und Teilnehmende
- Personen, welche die Analysen nutzen: Veranstaltende und Teilnehmende
- Analytischer Ansatz: Struktur-, Fakten- und Verhaltensanalysen
- Berichtsinhalte: Wie stark und wie gut (auf die angestrebte Art und Weise) werden die angebotene technische Projektmanagement- und Kollaborationsumgebung sowie die zur Verfügung gestellten Lehr- und Lernmaterialien genutzt.

⁴⁷J.-P. Lang 2024.

- Berichtskanäle: Artikel/Blog-Einträge, Präsentationen und Besprechungen
- **Entwicklung**
 - Datenaufzeichnung: Mittels der technischen Projektmanagement- und Kollaborationsumgebung (Jira, Confluence, Mattermost, GitLab)
 - Datenanalysen: mittels Business Intelligence (Power BI) und PM (u. a. Social Mining) (Disco und ProM)
 - Datensammlung und -management: mittels automatisierter ETL-Prozesse mit PDI-Server und -Spoon⁴⁸; Data Warehouse (PostgreSQL⁴⁹, CSV-Dateien); Datenbankclient DBeaver⁵⁰
 - Analysepräsentation: Power BI Dashboards, exportierte Disco und ProM Inhalte, PDFs (Grafiken), Tabellen, Texte, Folien, Besprechungen
- **Umsetzung**
 - Externe Rahmenbedingungen: Berücksichtigung des Datenschutzes und von Persönlichkeitsrechten
 - Interne Rahmenbedingungen: Durchführung von Risikoanalysen und Kontrolle der Richtigkeit von Analyseergebnissen
 - Vorgehensweise: Iterative Entwicklung und Erprobung in echten Lehrveranstaltungen
 - Personen: Veranstaltende und Teilnehmende von projektbasierten Lehrveranstaltungen im Fachbereich Informatik der Universität Hamburg
 - Proben: unterschiedliche Größen, ein bis zwei Veranstaltende und zehn bis über 30 Teilnehmende je Lehrveranstaltung, insgesamt neun Lehrveranstaltungen
 - Resultate: Visualisierung der Interaktionen mit der technischen Umgebung, Zeitpunkte, Häufigkeiten und Sequenzen; Visualisierung von sozialen Netzwerken und Kommunikationssequenzen
- **Evaluation**
 - Handlungen: Ableitung und Kommunikation von Anpassungsvorschlägen für Veranstaltende und Teilnehmende; Eigenverantwortliche Anpassung des Verhaltens; Änderung/Erweiterung/Umstrukturierung von Lehrveranstaltungen und ihrer technischen Umgebung
 - Verbessern: Ausbau der technischen Infrastruktur für die Datenanalyse; Etablierung eines einheitlichen Vorgehens und einer darauf basierenden Dokumentation

Nachdem die exemplarische LLUA allgemein betrachtet wurde, wird sie im Folgenden mit Umgebungen und Softwareanwendungen anderer Forschender verglichen.

Softwareanwendungen und Umgebungen

Die im Folgenden betrachteten Umgebungen und Softwareanwendungen lassen sich grob in drei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe bietet Funktionalitäten zur Nutzung bzw. zum Management sowie Bearbeiten von Aufgaben an und zeichnet dabei die beabsichtigten

⁴⁸Hitachi Vantara 2024c.

⁴⁹The PostgreSQL Global Development Group 2024.

⁵⁰DBeaver Community 2024.

Daten auf ([Marenzi und Zerr 2012; Molinari 2021b; Wang u. a. 2019]). Diese Gruppe beinhaltet also vorrangig Datenquellen. Die zweite Gruppe berücksichtigt die Erschaffung der Datenquellen nicht oder nur geringfügig und setzt erst nach der Aufzeichnung der Daten mit der Datenanalyse an ([Corrin u. a. 2015; Mittal und Sureka 2014; Muslim 2018]). Die dritte Gruppe umfasst Umgebungen und Anwendungen, die beides miteinbeziehen ([Barreiros u. a. 2023; Nguyen; Wandabwa u. a. 2021]).

Die exemplarische LLUA zählt zu der dritten Gruppe. Sie beinhaltet zum einen die Komponenten der Umgebung, mit welcher die Personen arbeiten, deren Daten analysiert werden sollen (*data clients*). Zum anderen beinhaltet sie die Komponenten, welche im Datenanalyseprozess nach der Datenaufzeichnung ansetzen und unterstützt somit zum einen die DatenanalytikerInnen und zum anderen auch die Personen, welche die aus Analysen gewonnenen Informationen nutzen wollen (*data subjects*).

Nutzung und Datenaufzeichnung Die beiden Softwareanwendungen *BJUTModeling* [Wang u. a. 2019] und *LearnWeb* [Marenzi und Zerr 2012] wurden bereits in der vorliegenden Arbeit beschrieben (s. Seite 79 bzw. Seite 79). Sie haben gemeinsam, dass sie eigens dazu entwickelt wurden, konkrete Lerntätigkeiten zu unterstützen und dabei relevante Daten aufzuzeichnen. Diese Daten werden anschließend mit anderen Mitteln analysiert, die nicht Teil der jeweiligen Softwareanwendung sind. Eine ähnliche Motivation wurde bei der Zusammenstellung der Projektmanagement- und Kollaborationskomponenten der exemplarischen LLUA verfolgt. Da diese eine Unterstützung in projektbasierten Lehrveranstaltungen liefern sollen, wurden jedoch keine konkreten Lerntätigkeiten (wie z. B. die Modellierung eines Diagramms) unterstützt, sondern vorrangig generelle Tätigkeiten, die in solchen Lehrveranstaltungen anfallen (dabei werden relevante Daten aufgezeichnet).

Eine ähnliche Anforderung hat die Erweiterung des LMS *Online Communities* um Projektmanagementfähigkeiten⁵¹ [Molinari 2021b] initiiert. Vor allem sollten Teilnehmende die Möglichkeit erhalten, ihre Aufgaben hinsichtlich wichtiger Fristen zu organisieren. Diese Fähigkeiten wurden jedoch auch dazu genutzt, entsprechende Daten aufzuzeichnen.

Datenanalysen In [Mittal und Sureka 2014]⁵² werden die Daten einer Lehrveranstaltung zur praktischen Softwareentwicklung untersucht. Die Teilnehmenden nutzen dabei u. a. ein *Issue Tracking System* (ITS), ein Wiki, ein Versionskontrollsystem (VCS) und ein *Peer-Code-Review-System*. Die Gestaltung dieser liegt nicht im betrachteten Umfang der AutorInnen. Auch die Umgebung, welche die Datenanalysen ermöglicht, wird nur oberflächlich beschrieben und von den AutorInnen nicht als eine solche bezeichnet. Ihr Fokus scheint in diesem Kontext weniger auf der technischen Wiederverwendbarkeit als auf der Durchführung von konkreten Analysen zu liegen. Aufgrund der starken Verwandtschaft zu dem vorliegenden Forschungsprojekt, soll die Arbeit dennoch zum Vergleich herangezogen werden.

Um die Daten zu extrahieren, nutzen sie *XML-RPC*⁵³ und *JSON-RPC* API Aufrufe und speichern diese Daten anschließend in einer *MySQL*⁵⁴ Datenbank. Die Daten werden außerdem vorverarbeitet und transformiert. Ob diese Schritte nur einmal vollzogen werden

⁵¹Siehe Seite 80

⁵²Die Inhalt der Publikation werden bereits auf Seite 65 näher beschrieben.

⁵³RPC steht für *remote procedure call*.

⁵⁴<https://www.mysql.com/>, besucht am 31.01.2024

oder ihre Datenextraktions- und Datenvorverarbeitungskomponente eine Automatisierung ermöglicht, wird nicht beschrieben. Anschließend wenden sie BI gängige Verfahren auf die Daten an, um z. B. die Anzahl von Commits über die Zeit und pro Teammitglied darzustellen, die Mitwirkung pro Teammitglied im Wiki, die Anzahl von erstellten Tickets über die Zeit und sogar die Zeit zu messen, wie lange die Teams zur Behebung von gemeldeten Fehlern (Tickets) benötigen. Mittels PM stellen sie außerdem den Prozess der Statusübergänge aller Tickets dar (dazu nutzen sie Disco⁵⁵). Zur Veröffentlichung der Ergebnisse beschreiben sie keine Ansätze.

[Mittal und Sureka 2014] scheinen in ihrer Umgebung zwar ähnliche Komponenten mit ähnlichen Fähigkeiten wie die exemplarische LLUA zu nutzen, beschreiben diese aber nur geringfügig, sodass sich deren Ausprägungen und Zusammenspiel lediglich erraten lassen. Im Gegensatz zur exemplarischen LLUA wird somit kein konkreter Vorschlag einer wiederverwendbaren Umgebung geboten.

Die Wiederverwendbarkeit und offene Erweiterbarkeit steht im Zentrum der Forschungsarbeit [Muslim 2018], welche die Plattform namens *OpenLAP* präsentiert. Diese besteht aus den drei Komponenten Datenkoordinator, Indikatorengine und Analyserahmenwerk⁵⁶. Diese drei Komponenten sind integriert und der Austausch ganzer Komponenten ist für nutzende Personen nicht vorgesehen. Individuell angepasst werden kann die Umgebung durch die Definition eigener Indikatoren sowie der Entwicklung weiterer Analyse- und Visualisierungsmethoden.

Die OpenLAP übernimmt z. B. die Integration der Daten aus unterschiedlichen Datenquellen, welche als CSV-Datei importiert werden können, und in einem einheitlichen Datenmodell (LCDM) gespeichert werden. Auch im Bereich der Vorbereitung und Durchführung der Analysen sowie Visualisierung der Daten werden viele Funktionen geboten, welche das benötigte Vorwissen nutzender Personen verringern. Zusätzlich wird eine einheitliche Oberfläche zur Verfügung gestellt, über welche sich die Visualisierungen zusammenstellen und betrachten lassen. Zur Benutzung der exemplarischen LLUA müssen die nutzenden Personen generell über mehr Vorwissen verfügen oder sich aneignen. Dies bietet jedoch auch das Potenzial tiefere Einblicke und ein detaillierteres Verständnis der Analysen zu gewinnen. Während die exemplarische LLUA darauf setzt, einzelne, verfügbare Werkzeuge miteinander zu koppeln, bietet OpenLAP eine Umgebung, in welcher den nutzenden Personen diese Herausforderungen abgenommen werden.

Soweit dem Autor dieser Arbeit bekannt ist, kann OpenLAP zurzeit nicht selbst als eigene Instanz betrieben werden und unterstützt keine Inspektion der eigenen Daten vor dem Import. Die Daten werden zwar von der Komponente Datenkoordinator nach den Datenschutz- und Transparenzanforderungen von OpenLAP verarbeitet, müssen dazu jedoch in ihrer Rohform herausgegeben oder vorher selbst entsprechend der eigenen Regularien bereinigt, pseudo- oder anonymisiert werden. Durch eigenes Hosting, bzw. lokaler Installation der Komponenten, ist es bei der Nutzung der exemplarischen LLUA möglich, die Hoheit über die Daten zu bewahren.

Die Softwareanwendung *Loop* [Corrin u. a. 2016, 2015], welche bereits an mehreren Stellen der vorliegenden Arbeit erwähnt wurde, lässt sich von GitHub⁵⁷ herunterladen und

⁵⁵Fluxicon 2024a.

⁵⁶Die drei Komponenten werden bereits auf Seite 79 beschrieben.

⁵⁷Altes GitHub Repository (*Loop*): <https://github.com/looptool/download>, besucht am 31.01.2024; Neues GitHub Repository (*cloop*): <https://github.com/completing-the-loop/loop-tool-dashboard>, besucht am 31.01.2024

selbst lokal betreiben. Jedoch scheint bereits auch die Entwicklung der neueren Variante namens *cloop* eingestellt worden zu sein (letzter Commit im **master** Branch am 18. August 2019 (Stand 2023-08-18)). Während *Loop* noch die Analyse von Daten der LMS Moodle und Blackboard unterstützt hat [Corrin u. a. 2015], unterstützt *cloop* nur noch letzteres [cloop 2024].

Loop besteht aus zwei Komponenten, einem Data Warehouse (DWH; MySQL) und dem Dashboard (*Django web framework*⁵⁸). Im DWH wird, genau wie bei der Benutzung der exemplarischen LLUA vorgeschlagen, ein Sternschema genutzt, um die Daten zu speichern [Corrin u. a. 2016]. Auch *Loop* vereinigt die Analysen in einer einheitlichen Oberfläche und bietet den Veranstaltenden somit einen zentralen Zugang und Überblick, ohne diesen selbst erstellen zu müssen. Diese Analysen können jedoch nur durch eigene Programmcodeerweiterungen (das Projekt ist *Open Source*) verändert oder es können neue hinzugefügt werden.

Wie bereits zuvor erwähnt, wurden von Gian-Luca Gücük im Kontext seiner Bachelorarbeit [Gücük 2023] erste Ansätze erprobt, die exemplarische LLUA um Fähigkeiten zu erweitern, Datenanalysen in „Echtzeit“ durchzuführen. Der entwickelte Technologiestack wird in [Gücük u. a. 2023, Fig. 1 und Tab. 1] prägnant beschrieben. Während eine umfangreiche Erprobung im Rahmen von projektbasierten Lehrveranstaltungen aussteht, bietet dieser Ansatz eine potenziell gewinnbringende Ergänzung für die exemplarische LLUA.

Im Rahmen eines universitätsinternen base.camp⁵⁹-Projekts [Feldmann 2024], hat Matthias Feldmann eine technische Umgebung entwickelt, mit welcher die Daten von Zwischentests analysiert werden können, die in dem LMS OpenOLAT⁶⁰ durchgeführt worden sind. Zentrales Ziel des Projekts war die Realisierung einer automatisierten Datenvorverarbeitung von semi-strukturierten Daten (HTML und XML) und einer anschließenden Visualisierung der Daten mittels *Open Source* Software. Im Gegensatz zu einer LLUA wird für die Datenvorverarbeitung kein ETL-, sondern ein ELT-Prozess verwendet. Außerdem wird zur Analyse und Visualisierung der Daten Metabase [Metabase 2024] genutzt. Mit Metabase werden webbasierte und global verfügbare *Dashboards* erstellt, die den Veranstaltenden zur Verfügung gestellt werden können. Damit soll der Aufwand für die Datenanalyse bei den Veranstaltenden reduziert werden.

Nutzung, Datenaufzeichnung und Datenanalysen *Learner's Corner* ist ein Dashboard, welches zur Förderung des selbstregulierten Lernens für die Benutzung von Teilnehmenden entwickelt wurde. Es integriert dabei Daten aus LMS und anderen Plattformen des Bildungsinstituts (Universität Graz), wie z. B. Navigation, Interaktion mit Lernmaterialien, Videostreaming und Foren [Barreiros u. a. 2023]. Den Teilnehmenden wird u. a. die prozentuale zeitliche Verteilung ihrer Aktivitäten angezeigt (Kursteilnahme, Forumsnutzung, Einreichung, Ressourcennutzung, Quiz und Video). Es wurde festgestellt, ähnlich wie im Kontext der Softwareanwendung *Online Communities* [Molinari 2021b], dass den Teilnehmenden Projektmanagementfunktionalitäten fehlen. Anders als im Fall von *Online Communities* haben die AutorInnen von [Barreiros u. a. 2023] diese Fähigkeiten jedoch nicht in das LMS selbst, sondern in das Datenanalysedashboard (*Learner's Corner*) inte-

⁵⁸<https://www.djangoproject.com/>, besucht am 31.01.2024

⁵⁹<https://www.inf.uni-hamburg.de/inst/basecamp.html>, besucht am 31.01.2024

⁶⁰<https://www.openolat.com/>, besucht am 31.01.2024

griert⁶¹. Wie z. B. die Daten vorverarbeitet werden und welche Technologien zum Einsatz kommen, wird nicht beschrieben.

Zwar werden umfangreiche Daten aus unterschiedlichen Quellen gesammelt, jedoch sind die Analysefähigkeiten bisher begrenzt. Die AutorInnen geben an, bereits an weiteren Analysefähigkeiten zu arbeiten. Zum Beispiel planen sie eine Übersicht für Teilnehmende, damit diese ihren Fortschritt verfolgen können.

In [Nguyen; Wandabwa u. a. 2021, Table 2] wird ein *Learning Analytics Information System* (LAIS) entwickelt, das die Nutzung der Vorlesungsaufzeichnungen (Videos) durch Teilnehmende untersuchen soll. Dieses LAIS ermöglicht das Abspielen der Videos und zeichnet dabei die einzelnen Aufrufe, die Abspielzeit und die Aufrufe sowie Wiederholung einzelner Segmente auf. Für die Datenverarbeitung und -analyse werden *Apache Hadoop*⁶², *Luigi*⁶³ und Map-Reduce-Aggregations Algorithmen eingesetzt. Zur Datenspeicherung und zum -management werden *HDFS*⁶⁴, *MongoDB*⁶⁵ und MySQL eingesetzt. Erstellt und präsentiert werden die Visualisierungen mittels eines auf Python basierenden Dashboards.

Zwar ist dies nicht genauer beschrieben, jedoch ist aufgrund der verwendeten Technologien anzunehmen, dass das entwickelte LAIS im Bereich der Datenanalyse über ähnliche Komponenten wie die konzeptionelle LLUA (s. Abbildung 10.9) verfügt. Auch wenn die Komponenten zur Durchführung der Aufgaben (Abspielen von Videos) eine wesentlich geringere Komplexität, als die der exemplarischen LLUA aufweisen, so können die eingesetzten Technologien (Komponenten) für die Datenanalyse als ähnlich komplex bewertet werden.

Schlussfolgerung Im Vergleich mit den anderen Softwareanwendungen bzw. Umgebungen fällt auf, dass der Aufwand, um eine eigene LLUA aufzusetzen höher ist als die Installation einer einzigen Softwareanwendung oder die Nutzung einer vorbereiteten Online-Plattform. Aus diesem Grund werden im Handbuch ausführliche Anleitungen bereitgestellt⁶⁶, um die einzelnen Komponenten der exemplarischen LLUA in einer eigenen Infrastruktur zu hosten. Auch wenn dies gewisse Fähigkeiten bzw. die Bereitschaft, sich diese Fähigkeiten anzueignen, voraussetzt, so wird es dadurch ermöglicht, die vollständige Datenhoheit zu behalten. Die Daten, welche analysiert werden, müssen zu keinem Zeitpunkt an Dritte weitergegeben werden.

Im Gegensatz zu anderen Softwareanwendungen oder Umgebungen, die nur einige Aspekte der exemplarischen LLUA abdecken und teilweise nur zur Unterstützung der Bearbeitung sowie Analyse spezifischer Aufgaben dienen, ist das Angebot der exemplarischen LLUA umfassender gestaltet. Die Umgebung kann in unterschiedlichen Lehrveranstaltungen zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden. Aufgrund des Prinzips der Kopplung bzw. Integration einzelner Komponenten, lässt sich die exemplarische LLUA individuell anpassen.

⁶¹Zur Vollständigkeit: *Learner's Corner* ist an der Universität Graz selbst in das LMS Moodle integriert [Barreiros u. a. 2023].

⁶²<https://hadoop.apache.org/>, besucht am 31.01.2024

⁶³<https://luigi.readthedocs.io/en/stable/>, besucht am 31.01.2024

⁶⁴https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html, besucht am 31.01.2024

⁶⁵<https://www.mongodb.com/>, besucht am 31.01.2024

⁶⁶https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/installation_und_wartung/, besucht am 31.01.2024

Die Datenvorverarbeitung⁶⁷ und die -analyse⁶⁸ werden zwar durch im Handbuch bereitgestellte technische Artefakte für konkrete Softwareanwendungen unterstützt, müssen jedoch bei einer abweichenden Umgebung angepasst werden. Durch die Nutzung einer LLUA wird den Personen der Freiraum geboten, die Umgebung selbst zu gestalten. Sie sind dadurch z. B. nicht auf die Nutzung konkreter LMS angewiesen. Die zunächst manuellen – und später automatisierbaren – Tätigkeiten bei der Datenvorverarbeitung beinhalten zwar einen gewissen Aufwand, tragen jedoch auch dazu bei, die eigenen Daten zu verstehen und ggf. Widersprüche in diesen zu entdecken. Dies wird u. a. dadurch erreicht, dass die exemplarische LLUA Möglichkeiten bietet, die eigenen Daten zu inspizieren. Ähnliches gilt für die Durchführung der Datenanalysen und -visualisierungen, deren Ausprägungen außerdem grundlegend selbst bestimmt und gestaltet werden können. So lassen sich z. B. Darstellungsformen und Detailgrade wählen, welche dem gegebenen Kontext und Vorwissen der nutzenden Personen (*data subjects*) angemessen sind.

Letzteres birgt jedoch auch einen Nachteil. Im Gegensatz zu einigen anderen betrachteten Softwareanwendungen bzw. Umgebungen, bietet die exemplarische LLUA (zurzeit) keine automatisierte Zusammen- und Bereitstellung der Datenanalysen. Diese muss manuell (z. B. mittels Confluence) durchgeführt werden und wird dabei nicht durch eine einheitliche und interaktive Oberfläche unterstützt. Eine solche Lösung wäre eine deutliche Bereicherung für die exemplarische LLUA.

Nichtsdestoweniger vereinigt die exemplarische LLUA die Komponenten des Bereichs der Datenquellen mit denen der Datenanalysen und bietet darüber hinaus nicht nur Möglichkeiten, die Analyseergebnisse visuell zu präsentieren, sondern diese auch zu erörtern und zu diskutieren. In die exemplarische LLUA konnten die konzeptionellen Grundlagen des Rahmenwerks integriert und diese im Zusammenklang praxisorientiert sowie gewinnbringend eingesetzt werden. Mit Unterstützung der verschiedenen, im Laufe der Zeit veränderten Ausprägungen der exemplarischen LLUA konnten neun projektbasierte Lehrveranstaltungen durchgeführt werden, wobei einige davon in Form von Datenanalysen begleitet wurden (s. Kapitel 16 und den folgenden Abschnitt).

18.2.2 Datenanalysen

Zur generellen Einordnung der bisher mit der exemplarischen LLUA durchgeführten Analysen und ihres Einsatzes, werden zunächst die Daten betrachtet, welche durch die exemplarische LLUA aufgezeichnet werden und welche von diesen Daten bisher für Analysezwecke verwendet wurden.

Auf Seite 67 wurden bereits vier Schichten⁶⁹ beschrieben, auf denen Daten durch virtuelle Lernumgebungen aufgezeichnet werden können. Die exemplarische LLUA zeichnet kann zwar in all diesen Schichten Daten aufzeichnen, nutzt für Analysen bisher jedoch nur die Daten der anwendungsspezifischen Schicht, welche aus den Datenbanken der Anwendungen extrahiert werden. Die Daten auf den anderen drei Schichten werden vorrangig zur Sicherstellung der Funktionalität der einzelnen Schichten sowie zum Erkennen und zur

⁶⁷https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/daten_vorverarbeiten/, besucht am 31.01.2024

⁶⁸https://llua-rahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/untersuchung_von_fakten_strukturen_verhalten/, besucht am 31.01.2024

⁶⁹Anwendungsspezifische, anwendungsübergreifende, Middleware-, Systemsoftware-Schicht

Unterstützung beim Beheben von technischen Fehlern aufgezeichnet (wie z. B. technische Logs der Softwareanwendungen, Webserver und Betriebssysteme).

Im Folgenden wird zunächst die Durchführung von Datenanalysen in der exemplarischen LLUA mit der Durchführung anderer Forscher verglichen. Der Einsatz der Datenanalyseergebnisse wird Einsatz anderer Forscher gegenübergestellt. Anschließend werden die von den ausgewählten Softwareanwendungen bereitgestellten Analysen mit denen verglichen, die mit der exemplarischen LLUA möglich sind.

Durchführung von Datenanalysen

In diesem Abschnitt werden typische BI Analysen sowie Analysen mittels PM und andere sorgfältig ausgewählte Analysten mit anderen Methoden betrachtet, deren Ziele bzw. Analyseabsichten aber besonders gut in den Kontext dieses Forschungsprojekts passen.

Business Intelligence (BI) Das in die exemplarische LLUA integrierte Projektmanagementwerkzeug Jira⁷⁰ bietet von Haus aus einige Analysemöglichkeiten für einzelne Projekte an. Die Analysen unterstützen die Projektmitglieder dabei, eine Übersicht aus der Projektmanagementperspektive zu erlangen.

Im Sektor des agilen Projektmanagements kann durch ein sogenanntes *Burndown Chart* z. B. angezeigt werden, wie viel Arbeit bis zu einem gewissen Zeitpunkt (z. B. Sprintende) noch ansteht und ob die Tendenz besteht, diese Arbeit bis zu diesem Zeitpunkt zu erledigen. Das *Cumulative Flow Diagram* zeigt an, wie sich die Menge an Issues in den einzelnen Status über die Zeit verändert. Daran lässt sich z. B. erkennen, ob zu bestimmten Zeitpunkten außergewöhnliche Issues erstellt oder abgeschlossen wurden.

Die Issues lassen sich noch weiter untersuchen. Zum Beispiel nach dem Durchschnitt ihres Alters, dem Verhältnis von erstellten und erledigten Issues über die Zeit hinweg und wie lange es gebraucht hat, bis Issues von ihrer Erstellung an erledigt wurden.

Im Bereich der Arbeitszeit für Issues kann z. B. untersucht werden, wie sich die geschätzten Arbeitszeiten für die Bearbeitung einzelner Issues zu den tatsächlichen Arbeitszeiten verhalten und wie akkurat die Schätzungen sind. Außerdem kann eingesehen werden, wie sich die geschätzte Arbeitszeit aller Issues, die einer Person (über alle Projekte hinweg) zugewiesen sind, in Bezug auf die Arbeitslast, also zur Verfügung stehende Zeit bis zu einer Deadline, verhält. Die bereits zuvor erwähnte Jira Erweiterung *WorklogPRO*⁷¹ ermöglicht zudem die Darstellung umfangreicher Arbeitszeitpläne (engl. *Timesheet*) über Wochen und Monate für einzelne Personen. In diesem Zusammenhang können auch die Arbeitszeiten hinsichtlich der angegebenen Arbeitstypen (vgl. Abbildung 16.3) tabellarisch dargestellt werden.

Neben der Einschätzung, dass durch diese Analysen vorrangig die Projektmanagementperspektive unterstützt wird, können die meisten Analysen nicht projektübergreifend genutzt werden und die Daten sind nicht pseudonymisiert. Beides wird durch die Erweiterung der exemplarischen LLUA um spezielle Datenvorverarbeitungs- und Datenanalysekomponenten ermöglicht. Es besteht das Potenzial, dass durch den Einsatz solcher Analysen wertvolle Informationen ans Tageslicht kommen, die im Bildungsbereich gewinnbringend eingesetzt werden könnten.

⁷⁰ Atlassian 2024c.

⁷¹ <https://marketplace.atlassian.com/apps/1212626/worklogpro-timesheets-for-jira?tab=overview&hosting=datacenter>, besucht am 31.01.2024

Mattermost⁷², welches in der exemplarischen LLUA zur Nachrichtenkommunikation eingesetzt wird, bietet rudimentäre Analyse- bzw. Statistikfunktionen für Administrierende. So kann u. a. angezeigt werden, wie viele *User* die gesamte Instanz und jedes *Team* hat, wie viele davon als aktiv einzustufen sind, wie viele Teams und wie viele *Channels* es gibt und wie viele *Posts* (Nachrichten) insgesamt gesendet wurden. Außerdem lässt sich jeweils für die gesamte Instanz und jedes Team anzeigen, wie viele Posts in den vergangenen letzten 30 Tagen gemacht wurden und wie viele aktive User es jeweils gegeben hat. Für Teams lassen sich die beiden letzten Auswertungen vermutlich erst ab einer gewissen Useranzahl anzeigen⁷³. Beim Zählen der Posts werden dabei nur solche berücksichtigt, die in Channels getätigt wurden, die einem Team zugeordnet sind und nicht jene, welche zwischen (spontanen Gruppen von) Personen direkt ausgetauscht werden.

In der exemplarischen LLUA lassen sich diese und weitere Analysen durchführen, welche einen ergänzenden Informationsgewinn u. a. über das textuelle Kommunikationsverhalten der Veranstaltenden und Teilnehmenden ermöglicht.

In [Cacatian u. a. 2015]⁷⁴ beschreiben die AutorInnen Analysen, denen sie die folgenden Daten eines MOOCs (*Massive Open Online Course*) zugrunde legen: Geschlecht, Bildungsgrad, Geburtsjahr, Standort/Wohnort, Anzahl von Events, an wie vielen Tagen die Teilnehmenden aktiv waren, wie viele Videos sie angeschaut, wie viele Texte sie eingesehen und wie viele Forumsbeiträge sie erstellt haben. Aufgezeichnet werden diese Daten von dem eingesetzten LMS. Diese Daten setzen die AutorInnen in Relation mit den erreichten Noten.

Prinzipiell sind solche Analysen auch mit der exemplarischen LLUA möglich und es könnten dazu detailliertere Daten herangezogen werden. Vergleiche, welche auf Daten basieren, die u. a. durch subjektive Einschätzungen (wie z. B. die Notenvergabe in projektbasierten Lehrveranstaltungen) entstanden sind, wurden in der exemplarischen LLUA jedoch bisher nicht durchgeführt. Zwar ließen sich solche Daten in den Datenvorverarbeitungsprozess, unter Berücksichtigung der einheitlichen Pseudonymisierung, einpflegen, jedoch waren die Anzahl der Teilnehmenden in den betrachteten Projekten zu gering für eine solche Maßnahme. Exemplarisch würde eine einmalig oder selten vergebene Note einen einfachen Rückschluss auf die tatsächliche Person zulassen.

Die AutorInnen von [Bart u. a. 2020]⁷⁵ verfolgen ähnliche Analyseabsichten, wie sie bereits auch mit der exemplarischen LLUA verfolgt wurden. Unter anderem wollen sie das zeitliche Engagement und die Prokrastination der Teilnehmenden identifizieren sowie Abschnitte auffinden, in welchen sie die Lehrveranstaltung beschleunigen bzw. verbessern können. Während sie zu diesem Zweck eine Programmierumgebung nutzen, welche die Tastenanschläge der nutzenden Personen aufzeichnet und somit detaillierte Daten (z. B. über die Nutzungszeitdauer) entstehen, sind ihre Datenvorverarbeitungs- und Datenanalyseprozesse nicht so weit optimiert und automatisiert, dass sie die Analysen während des Semesters durchführen können.

Es konnte gezeigt werden, dass mit der exemplarischen LLUA die Analysen zeitnah während einer laufenden Lehrveranstaltung durchgeführt und ähnliche Informationen (wenn auch nicht auf der Ebene von Tastenanschlägen) gewonnen werden können. Mit der exem-

⁷²Mattermost, Inc. 2024.

⁷³In einem Team mit 49 Usern und 3688 Posts werden beide Statistiken nicht angezeigt. In einem anderen Team mit 66 Usern und 2654 Posts werden beide Statistiken angezeigt.

⁷⁴Bereits auf Seite 67 beschrieben.

⁷⁵Bereits auf Seite 68 beschrieben.

plarischen LLUA wurden bisher jedoch keine Daten explizit aufgezeichnet und verarbeitet, die bei der Benutzung von fachlich spezifischen Softwareanwendungen (wie z. B. einer IDE für die Softwareentwicklung oder auch dem PDI-Client Spoon⁷⁶, Power BI⁷⁷, Disco⁷⁸ und ProM⁷⁹) entstehen. Solche Verfahren böten u. a. die Möglichkeit, die Arbeitszeitdauern und die Arten der Tätigkeit automatisiert zu erfassen. Bisher werden diese von den Veranstaltenden und Teilnehmenden händisch oder via in Jira integrierter Stoppuhr eingetragen.

Abseits des Hochschulkontextes haben die AutorInnen von [Awatef u. a. 2015]⁸⁰ Datenanalysen von Fortbildungen durchgeführt. Um herauszufinden, wo Engpässe entstehen und viel Zeit investiert wird, nutzen sie PM mittels ProM. Durch eine entsprechende Datenaufzeichnung in der exemplarischen LLUA wäre dies ebenfalls via PM analysierbar. Bisher wurden die Analysen, in welche Tätigkeiten bzw. in welchen Bereichen wie viel Zeit investiert wurde, jedoch via BI vollzogen. Aufgrund des offenen Charakters von projektbasierten Lehrveranstaltungen und wenig detaillierter übergreifender Prozesse, ließen sich solche Informationen mittels BI einfacher gewinnen. Würden z. B. in der Einführungsphase einer projektbasierten Lehrveranstaltung Aufgabenblätter zum Einsatz kommen, welche einen konkreten Prozess vorgeben⁸¹, so ließen sich solche Daten ebenfalls adäquat mit PM untersuchen.

Ein früherer Ansatz, wie die Bearbeitung von Aufgabenblättern mittels BI und PM untersucht werden können, wird in [Schmitz u. a. 2020] präsentiert. Dieser Ansatz diene u. a. als Machbarkeitsstudie der grundlegenden Konzepte sowie ersten Funktionstests der exemplarischen LLUA. Da in diesem Forschungsprojekt eine Analyse von dynamischen Situationen angestrebt wird, wie sie typischerweise in projektbasierten Lehrveranstaltungen auftreten, und nicht die Analyse von statischen Aufgabenblättern, wurde letztere nicht näher untersucht.

Process Mining (PM) Die AutorInnen von [Wang u. a. 2019]⁸² setzen PM nicht direkt für die Durchführung ihrer Analysen ein, sondern um mit diesem Mittel Pfade bei der Benutzung der online Modellierungsplattform *BJUTModeling* zu gewinnen, welche sie anschließend analysieren können. Ihr Ziel ist es, dadurch den Lerneffekt der Teilnehmenden abzuleiten.

Wie bereits oben erwähnt, wurden in der exemplarischen LLUA bisher keine Daten fachlich spezifischer Softwareanwendungen explizit aufgezeichnet und analysiert. Dennoch wurde sie dazu benutzt, Aufschluss über den Lerneffekt im Bereich der Benutzung des Projektmanagementwerkzeugs Jira und insbesondere seines Konzepts des Issues zu gewinnen. Dazu wurde z. B. PM auf die Daten der Statusübergänge angewendet und die Entwicklung dieser Übergänge über die Zeit bewertet. Verallgemeinert konnte so beobachtet werden, dass zu Beginn einer Lehrveranstaltung die zeitliche Dauer zwischen den einzelnen Issue

⁷⁶Hitachi Vantara 2024c.

⁷⁷Microsoft 2024d.

⁷⁸Fluxicon 2024a.

⁷⁹ProM Tools 2024c.

⁸⁰Bereits auf Seite 69 beschrieben.

⁸¹Dies war z. B. in den früheren AOSE-Lehrveranstaltungen an der Universität Hamburg der Fall (vgl. [Schmitz und Moldt 2018; Schmitz u. a. 2016]).

⁸²Bereits auf Seite 69 sowie in weiteren Kontexten in dieser Arbeit beschrieben.

Status unrealistisch kurz ist und diese sich – mit Einsetzen des mutmaßlichen Lerneffekts – realistischeren Werten annähert.

Auch hier könnte die Erweiterung der Datenaufzeichnung um die Benutzung fachlich spezifischer Softwareanwendungen (wie z. B. in [Caldeira u. a. 2019]) einen Mehrwert bieten. So könnte z. B. via PM analysiert werden, ob wiederkehrende Abfolgen oder Sequenzen mit einem ähnlichen Ergebnis zum Ende einer Lehrveranstaltung schneller durchgeführt oder (in Bezug auf die Anzahl der Schritte) kürzer werden.

In [Macak u. a. 2021]⁸³ werden Git Logs mittels PM analysiert, um so Anpassungsvorschläge für Lehrende abzuleiten, was sie an Lerninhalten in ihre Lehrveranstaltungen integrieren sollten, um Teilnehmende stärker in der richtigen Benutzung von Git zu fördern.

Wie bereits zuvor erwähnt, lag die Analyse von Git Logs nicht im Fokus dieses Forschungsprojekts und wurde somit nicht explizit in die exemplarische LLUA integriert (s. Seite 398). Erste Ansätze haben jedoch gezeigt, dass die exemplarische LLUA die Fähigkeiten aufweist, relevante Daten aus Git Logs zu extrahieren, in die einheitliche Pseudonymisierung zu integrieren, entsprechend zu transformieren und für BI (Data Warehouse bzw. Datenbanken) und PM (CSV-Dateien) Analysen bereitzustellen.

Mittels der exemplarischen LLUA wurden bereits ebenfalls Ansätze verfolgt, um besondere Herausforderungen der Teilnehmenden aufzudecken und so Anpassungsvorschläge zu weiteren Lernmaterialien/-einheiten für die Veranstaltenden zu generieren. Dies wurde z. B. erfolgreich zur Verbesserung der Nutzung von Jira Issues und Erweiterung der Installationsinstruktionen sowie Lernmaterialien für spezielle Werkzeuge praktiziert.

In [Coremans u. a. 2023] wird ein Ansatz vorgestellt, das Vorgehen von Softwareentwicklungsteams auf der Grundlage von Jira Issues mit PM zu analysieren. Die Autoren unterstützen, durch die Untersuchung der Statusübergänge der Issues, das Wissen über die tatsächlichen Prozesse. Des Weiteren identifizieren sie Unterschiede zwischen den Teams und weisen somit auf Sachverhalte hin, die genauer untersucht werden könnten, um das Verständnis weiter zu fördern. In den visualisierten Prozessen stellen sie dar, von welcher Softwareentwicklungsrolle die Statusübergänge vollzogen wurden. Diese Analysen ähneln denen, die im Kontext dieses Forschungsprojekts zu Statusübergängen von Jira Issues durchgeführt wurden. Die Visualisierung weiterer Eigenschaften der Issues, wie z. B. die Rolle, die einen Statusübergang vollzogen hat, könnte eine gewinnbringende Ergänzung darstellen, wenn die Rollen in den Teams der Teilnehmenden explizit zugewiesen sind. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden ebenfalls weitere Eigenschaften von Events in die Analysen integrierte, um z. B. mittels PM Tätigkeitsabfolgen zu gewinnen. Als Grundlage diente dafür das selbst kreierte Attribut zur Angabe der durchgeführten Tätigkeit bei einer Arbeitszeitbuchung (s. Seite 339).

Die AutorInnen von [Dumbach u. a. 2020]⁸⁴ haben Erfahrungen im PM mit Disco während der Analyse umfangreicher Daten aus GitLab⁸⁵ gesammelt. Sie kommen zu dem Schluss, dass die Analyse sowie die Filterkonfiguration in Disco eine gewisse Einarbeitungszeit erfordert. Weiter stellen sie in Frage, ob wissenschaftliches Personal (damit beziehen sie sich vermutlich auf die Veranstaltenden oder die Personen, welche die Daten

⁸³Bereits auf Seite 68 beschrieben.

⁸⁴Bereits auf Seite 80 beschrieben.

⁸⁵GitLab B.V. 2024.

von Lehrveranstaltungen analysieren) sich mit den tieferen Funktionen von PM-Analysen vertraut machen müssen und fordern eine einfachere Unterstützung für diese.

Aus Sicht des Autors dieser Arbeit ist dieser Einwand berechtigt, denn auch dieser konnte im Rahmen der durchgeführten PM und DA Lehrveranstaltungen (s. Abschnitt 2.6.3) beobachten, dass den Teilnehmenden das Erlernen von PM und der Umgang mit den Werkzeugen nicht leichtgefallen ist. Dennoch vertritt dieser die Meinung, dass die Vorteile den nachteiligen Zeitaufwand aufwiegen. Durch die Durchführung eigener und nicht vorgefertigter Analysen setzten sich die Veranstaltenden möglicherweise kritischer mit der Datenqualität, den enthaltenen Risiken und am wichtigsten, mit der Überprüfung der Qualität der Analyseergebnissen auseinander. Das dadurch erlangte Hintergrundwissen fördert sie darin, auch bei Nachfragen seitens der Teilnehmenden, qualitativ hochwertige Antworten und Erläuterungen vorzubringen, was dazu beitragen kann, das Vertrauen der Teilnehmenden in die Datenanalyseergebnisse zu erhöhen. Außerdem befähigen sich die Veranstaltenden so selbst darin, weitere Untersuchungen anzustellen und ggf. aufgestellte Hypothesen zu überprüfen, um spezielle Situationen detailliert aufzuarbeiten.

Sonstige Analysen Auf die Daten, die von Teilnehmenden beim Bearbeiten von Aufgaben (im LMS Moodle⁸⁶) entstehen, wenden die Autoren von [Hooshyar u. a. 2020]⁸⁷ einen eigens entwickelten Algorithmus an, der Situationen der Prokrastination erkennen kann. Dazu nutzen sie die folgenden vier Zeitpunkte der Aufgaben: Veröffentlicht, erstes Öffnen, Einreichung und Abgabefrist.

In der exemplarischen LLUA können Situationen der Prokrastination während der Interpretation der Analyseergebnisse identifiziert werden. Dazu wurden in der Vergangenheit z. B. die Events der einzelnen Personen bzw. Gruppen in den Werkzeugen herangezogen und die Zeitdauer, bis sich die Status der Jira Issues verändern.

Die Erweiterung der exemplarischen LLUA um eine derartige Einschätzung von prokrastinierenden Teilnehmenden oder Gruppen, wie die Autoren von [Hooshyar u. a. 2020] vollziehen, könnte zu einer frühzeitigeren Wahrnehmung solcher Situationen führen und somit noch frühzeitigere Interventionen ermöglichen.

Um die sozialen Aktivitäten von Teilnehmenden zu bewerten, berechnen die Autoren von [Chen u. a. 2008]⁸⁸ deren *Interactive Score* und *Social Score*. Die Datengrundlage bilden Interaktionsdaten einer webbasierten kooperativen Lernumgebung. Sie erstellen aus ihren *Scores* ein soziales Netzwerk, um auf dessen Grundlage geeignete LernpartnerInnen vorzuschlagen.

In der exemplarischen LLUA wurden zum Vorschlagen geeigneter LernpartnerInnen andere Ansätze verfolgt, welche aufgrund der Pseudonymisierung der Daten jedoch nur einen hypothetischen Nutzen hatten. So wurden die Aktivitäten in den einzelnen Softwareanwendungen der Teilnehmenden z. B. mittels BI nach Zeitpunkten ausgewertet und auf diese Weise Cluster von Teilnehmenden identifiziert, die innerhalb einer Woche in Bezug auf die Zeitpunkte ähnliche Arbeitsgewohnheiten aufwiesen. Soziale Netzwerke können in der exemplarischen LLUA ebenfalls gewonnen werden. Dazu wird das Werkzeug ProM eingesetzt, welches vielfältige *Miner* bereitstellt, um die Netzwerke hinsichtlich unter-

⁸⁶<https://moodle.org/>, besucht am 31.01.2024

⁸⁷Bereits auf Seite 70 beschrieben.

⁸⁸Bereits auf Seite 71 beschrieben.

schiedlicher Situationen⁸⁹ zu erstellen. Anschließend lassen sich diese nach verschiedenen Gesichtspunkten (z. B. Existenz oder Grad der Beziehung) visuell untersuchen.

Um die Veranstaltenden und Teilnehmenden hinsichtlich ihrer sozialen Interaktionen zu klassifizieren, könnte die Erweiterung der exemplarischen LLUA um den Ansatz von [Chen u. a. 2008] ein Gewinn sein. Als Grundlage könnten dazu z. B. die Kommunikationsdaten aus Mattermost dienen.

Mittels Netzdiagrammen stellen [Tarmazdi u. a. 2015]⁹⁰ zeitnah dar, wie stark einzelne *Teamwork*-Rollen in Diskussionen in einem Online-Forum vertreten sind. Dies können sie für jede Gruppe einer Lehrveranstaltung analysieren und anzeigen. Zusätzlich zeigen sie vertretene Stimmungen in diesen auf. Die Informationen gewinnen sie durch textbasierte Analysen.

Textbasierte Analysen wurden in der exemplarischen LLUA bisher nicht durchgeführt, wären jedoch prinzipiell möglich. Unter Einhaltung von Datenschutz und Persönlichkeitsrechten könnte dies eine gewinnbringende Ergänzung für die exemplarische LLUA darstellen, um z. B. die Auslebung der für projektbasierte Lehrveranstaltungen identifizierten Rollen (s. Abschnitt 5.2.2) einzelner Personen zu untersuchen. Auch ist denkbar, dass solche Informationen nicht nur auf Textebene, sondern auch in allgemeinen Verhaltensmustern zu erkennen sind, bspw. indem geeignete Metriken (für BI), Verhaltensmuster (für PM) und/oder Merkmale (engl. *Features*) identifiziert werden, welche Verfahren zur Clusterbildung mittels maschinellen Lernens ermöglichen.

Auch die AutorInnen von [Ortega u. a. 2014]⁹¹ nutzen die Daten eines Online-Forums, bewerten diese jedoch nicht nach ausgelebten Rollen, sondern nehmen eine Einordnung nach Aktivitätskategorien (passiv, aktiv und kollaborativ) vor. Dabei betrachten sie die folgenden Charakteristiken: Anzahl von gelesenen Threads, beantwortete Threads und Erstellung neuer Threads pro Person. Dies vollziehen sie alle zwei Wochen (insgesamt neun Mal) und können so eine entsprechende Entwicklung der Teilnehmenden einer Lehrveranstaltung aufzeigen. Dazu nutzen sie einen sogenannten *Fuzzy Clustering*⁹² Algorithmus.

In Rahmen der exemplarischen LLUA wurden bisher keine *Clustering* Algorithmen angewendet. Wie bereits oben beschrieben, wird auf Grundlage der visuellen Darstellung der Aktivitäten in den einzelnen Werkzeugen pro Person, während der Interpretation eine ähnliche Einschätzung vollzogen.

Der Ansatz von [Ortega u. a. 2014] ließe sich jedoch auch in die exemplarische LLUA integrieren. Als Datengrundlage könnten z. B. die Kommunikationsdaten aus Mattermost (starten einer neuen Konversation, antworten und reagieren), die Issue Daten aus Jira (zuweisen oder kommentieren von Issues) und die Daten beim Erstellen/Bearbeiten/-Liken von Seiten in Confluence dienen.

Einsatz von Datenanalyseergebnissen

Im Folgenden wird der Einsatz der Datenanalyseergebnisse in zwei Kategorien unterschieden: im Bildungsbereich und in anderen Kontexten.

⁸⁹ übergeben, neu zuweisen, erledigen lassen und zusammen arbeiten an einer Aufgabe

⁹⁰ Bereits auf Seite 71 beschrieben.

⁹¹ Bereits auf Seite 70 beschrieben.

⁹² Beim *Fuzzy Clustering* können Elemente zu mehr als einem Cluster gehören. Die Zugehörigkeit zu einem Cluster wird für jedes Element als Gewichtung angegeben [Ortega u. a. 2014].

Im Kontext der Bildung Konkretes Feedback, welches die Veranstaltenden den Teilnehmenden geben könnten, wurde z. B. in [Ardimento u. a. 2022]⁹³ auf der Basis von Datenanalysen herausgearbeitet. Dabei handelt es sich um Anpassungsvorschläge, welche auf eine verbesserte Benutzung softwaretechnisch typischer Werkzeuge (IDE und VCS) abzielen. Sie geben dabei kein individuelles Feedback für die einzelnen Teilnehmenden, sondern leiten aus ihren PM Analysen Anpassungsvorschläge ab, welche identifizierte Tendenzen adressieren (z. B. die geringe Nutzung von IDE-Funktionalitäten, wie die Codegenerierung oder Suchfunktion).

Wie bereits oben beschrieben, wurden in der exemplarischen LLUA bisher keine Daten bei der Benutzung fachspezifischer Softwareanwendungen aufgezeichnet. Die allgemeinen und nicht individuellen Anpassungsvorschläge, die durch ihre Nutzung entwickelt wurden, zielen in Teilen jedoch auch auf die Benutzung von Funktionen von Softwareanwendungen (Jira, Confluence, Mattermost) ab. Durch die Nutzung der exemplarischen LLUA konnten bereits in mehreren projektbasierten Lehrveranstaltungen Anpassungsvorschläge generiert werden, welche entweder direkt für die Veranstaltenden bestimmt waren oder dazu, dass die Veranstaltenden diese an die Teilnehmenden weitergeben.

Auch aus diesem Blickwinkel wäre eine Erweiterung der exemplarischen LLUA denkbar, um die Aufzeichnung und Analyse von Daten zu ermöglichen, die bei der Benutzung von fachspezifischen Werkzeugen entstehen (vgl. oben).

Auf Seite 447 wird bereits nachteilig erwähnt, dass die exemplarische LLUA zurzeit keine automatisierte Zusammen- und Bereitstellung der Datenanalysen ermöglicht. Die AutorInnen von [Pokhrel und Awasthi 2021] betonen, dass Dashboards nicht nur sinnvoll sind, um die Datenanalysen zu verstehen, sondern auch, um sie zu kommunizieren – also um sie einzusetzen. Um dem Fehlen von automatisierten und interaktiven Dashboards entgegenzuwirken, ist es in der exemplarischen LLUA vorgesehen, die Analyseergebnisse, ihre Interpretationen und Anpassungsvorschläge in Confluence zusammenzustellen. Zwar kostet diese Zusammenstellung Zeit, führt jedoch auch dazu, dass sich die Personen, welche die Analyseergebnisse nutzen wollen, mit diesen auseinandersetzen müssen, bevor sie diese veröffentlichen. Außerdem wird es so ermöglicht, erläuternde Texte zu verfassen und die Anpassungsvorschläge transparent abzuleiten. Zum Beispiel in der Lehrveranstaltung DA22 (s. Abschnitt 2.6.3) konnten bei der Präsentation und Besprechung der Analysen über BBB⁹⁴ die in Confluence zusammengestellten Inhalte erfolgreich zur Erläuterung der Ergebnisse eingesetzt werden (vgl. [Simic 2023]).

[Kippers u. a. 2018]⁹⁵ plädieren dafür, die Datenkompetenz (engl. *data literacy*) der Lehrenden zu steigern und schlagen vor, diese stärker am Datenanalyseprozess teilhaben zu lassen. Dadurch sollen u. a. Herausforderungen beim Einsatz der Analyseergebnisse adressiert werden. Dass die exemplarische LLUA keine automatisierten und interaktiven Dashboards bietet, die online veröffentlicht werden können, soll hier nicht als Vorteil dargestellt werden, es ist lediglich zu erwähnen, dass dies nicht nur Nachteile hat.

Die AutorInnen von [Cavalcanti u. a. 2021]⁹⁶ untersuchen mittels einer systematischen Literaturuntersuchung, inwiefern automatische Feedbackmechanismen in online Lernumgebungen die Lehrenden entlasten. Zwar ergaben 46,03% der untersuchten Studien, dass es keine Evidenz dafür gibt, dass automatisierte Mechanismen die Arbeitslast der Lehrenden

⁹³Bereits auf Seite 69 und Seite 72 beschrieben.

⁹⁴BigBlueButton 2023.

⁹⁵Bereits auf Seite 72 beschrieben.

⁹⁶Bereits auf Seite 72 beschrieben.

verringern, jedoch konnten 82,53% keine Evidenz dafür finden, dass manuelles Feedback besser ist als automatisiertes Feedback. Dies spricht zunächst dafür, dass automatisiertes Feedback – vorausgesetzt, dieses ist adäquat gestaltet – eine bereichernde Erweiterung der exemplarischen LLUA wäre.

In diesem Kontext könnten Gruppen darüber informiert werden, wenn sie innerhalb eines bestimmten Zeitraums⁹⁷ deutlich weniger Aktivitäten in den zu nutzenden Softwareanwendungen aufweisen⁹⁸ als andere. Mittels eines in Mattermost integrierten *Bots* könnte Personen der Vorschlag unterbreitet werden, parallel geführte Einzelkommunikationen als Gruppendiskussion durchzuführen⁹⁹. Zusätzlich könnte die Integration prädiktiver Analysen es ermöglichen, weiteres automatisiertes Feedback zu generieren, welches die Veranstaltenden und Teilnehmenden frühzeitig auf möglicherweise eintretende Situationen hinweist (vgl. [Soltanpoor 2018]).

In anderen Kontexten In [Conoscenti u. a. 2019] präsentieren die AutorInnen einen Ansatz, die Gründe für ungenaue Aufwandsschätzungen in der agilen Softwareentwicklung zu identifizieren. Dazu nutzen sie sowohl Datenanalysen als auch Meinungen und Einschätzungen der EntwicklerInnen. Auf dieser Grundlage wollen sie potenzielle inakkurate Aufwandsschätzungen erkennen und vorhersagen, um so Rückmeldungen zu geben und zukünftige Aufwandsschätzungen zu verbessern.

Mit der exemplarischen LLUA wurden zwar bereits Abweichungen von dem geschätzten Aufwand zu dem tatsächlichen Aufwand untersucht, es wurden jedoch noch keine Versuche unternommen, Gründe für die Fehleinschätzungen mit Hilfe von Datenanalysen zu identifizieren. Dies ist bisher nur z. B. während der Besprechungen der Analyseergebnisse mündlich erfolgt.

In weiteren Kontexten, wie z. B. der Erhebung von Daten laufender Softwareprodukte (Telemetrie) werden Datenanalysen durchgeführt, um u. a. bei Fehlverhalten die richtigen Personen zu informieren oder die Wirkung neuer Features und anderen Änderungen zu untersuchen (vgl. [Kim und Forsgren 2021; Vetrò u. a. 2015]). Dabei steht auf der einen Seite also die Überwachung der korrekten Funktionsweise einer Software oder eines Systems und auf der anderen Seite deren bzw. dessen Nutzung.

Auch im Betrieb der exemplarischen LLUA wurde bereits rudimentäre Telemetrie eingesetzt, um z. B. die Auslastung der virtuellen Maschine, auf welcher Teile der exemplarischen LLUA gehostet werden, zu überwachen und bei auffälligem Verhalten zu reagieren. Dieser Ansatz, Datenanalysen gewinnbringend einzusetzen, lässt sich jedoch auch darauf projizieren, dass mit Hilfe der exemplarischen LLUA Anpassungsvorschläge für die Veranstaltenden und Teilnehmenden entwickelt, kommuniziert, umgesetzt und anschließend die Auswirkungen durch erneute Durchführung der Analysen bewertet wurden.

18.3 Zusammenfassung

Während andere Arbeiten existieren, die in einzelnen Bereichen möglicherweise eine fortgeschrittenere Unterstützung bieten, entfaltet das LLUA-Rahmenwerk seinen gewinnbringenden Nutzen besonders durch die umfassende Integration bzw. Kopplung der erzielten

⁹⁷Dies könnten z. B. der Beginn einer neuen Phase in der Lehrveranstaltung sein.

⁹⁸Dies könnte z. B. auf der Grundlage einer BI Analyse erkannt werden.

⁹⁹Dies könnte z. B. auf der Grundlage einer PM Analyse erkannt werden.

Ergebnisse in diesem Forschungsprojekt sowie ihre gebündelte Bereitstellung und konzeptionellen Einbindung in ein systematisches Gesamtkonzept.

Die in der Literatur gefundenen Rahmenwerke, welche einen ähnlichen Umfang wie das LLUA-Rahmenwerk aufweisen, unterstützen nicht simultan die Entwicklung und den Einsatz einer technischen Umgebung. Dadurch, dass das LLUA-Rahmenwerk speziell für projektbasierte Lehrveranstaltungen entwickelt wurde, wird seine Besonderheit weiter hervorgehoben.

Die anderen betrachteten Arbeiten stellen keine systematische Betrachtungsweise bereit. Im Vergleich mit in den aus der Literatur extrahierten Herausforderungen an ein solches Rahmenwerk bzw. an eine technische Umgebung schließen das LLUA-Rahmenwerk und die exemplarische LLUA positiv ab.

Neben diesen positiv bewerteten Eigenschaften, beinhalten andere Rahmenwerke dennoch potenziell bereichernde Ergänzungen. Zu diesen zählen z. B. die Integration von prädiktiven Analysen sowie konkrete Konzepte und praxisorientierte Ansätze zur Überprüfung der eingesetzten Lehr- und Lernkonzepte.

Andere untersuchte Vorgehensmodelle integrieren die Lehr- und Lerntätigkeiten explizit. Im Gegensatz zu dem hier entwickelten Vorgehensmodell wird jedoch weder ein Schema für eine einheitliche Dokumentation des Vorgehens und der Ergebnisse bereitgestellt, noch entsprechen diese dem in den Bereichen *Daten aufzeichnen* sowie *Daten speichern und vorverarbeiten* gebotenen Detailgrad.

Im digitalen Handbuch wird in den praxisorientierten Abschnitten ein Detailgrad erreicht, der von vergleichbaren Dokumenten nicht geboten wird.

19 Zusammenfassung Teil III

In diesem Teil wurden die Forschungsfragen und Hypothesen der drei Untersuchungskomplexe dieser Arbeit (*Unterstützung des Planens und Koordinierens*, *Unterstützung des Datenanalysierens* und *Bewertung des Potenzials von Datenanalysen*) beantwortet bzw. validiert. Außerdem ist eine, die Untersuchungskomplexe übergreifende, Diskussion der Ergebnisse erfolgt, welche u. a. einige Einschränkungen und Grenzen der erreichten Ergebnisse hervorhebt. Die Ergebnisse wurden darüber hinaus durch einen Vergleich mit Arbeiten anderer Forscher in den wissenschaftlichen Kontext eingeordnet.

Mit einer Projektmanagementumgebung (PMU)¹, die für verteilte Softwareentwicklungsprojekte typische Komponenten beinhaltet, konnten die Anforderungen im Bereich des Planens und Koordinierens der Veranstaltenden und Teilnehmenden projektbasierter Lehrveranstaltungen erfüllt werden. Durch die Verwendung der Komponenten bzw. Softwareanwendungen dieser PMU konnten die beabsichtigten Daten aufgezeichnet werden. Außerdem wurden die Möglichkeiten geschaffen, diese Daten für die beiden Disziplinen *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) mittels ETL-Prozessen² (implementiert und ausgeführt mit PDI-Client bzw. PDI-Server) vorzuverarbeiten. Die vorverarbeiteten Daten konnten mit geeigneten Werkzeugen³ analysiert werden. Obwohl in diesem Forschungsprojekt nur teilweise anonymisierte und vollständig pseudonymisierte Daten analysiert wurden, konnten etliche neue Informationen gewonnen werden, welche gewinnbringend in mehreren projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt wurden. Zwar ist der Mehraufwand, der aufgrund der Durchführung der Datenanalysen entsteht, nicht zu unterschätzen, jedoch konnte gezeigt werden, dass sich dieser mit einer guten Vorbereitung und Automatisierung der ETL-Prozesse sowie der Anfertigung wiederholbarer Analysen angemessen verringern lässt.

Die Nutzung einer multiagentenorientierten Perspektive zur Entwicklung einer systematischen Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen wurde insgesamt als positiv und hilfreich bewertet. Diese hat insbesondere dazu beigetragen, die Akteure in den Mittelpunkt der Entwicklung von Lehr-, Lern- und Analyseumgebungen zu rücken. Ebenfalls wurden die Bereitstellung des digitalen Handbuchs und seine Inhalte als sinnvolle Ergänzung zu dieser Dissertationsschrift beurteilt.

Aufgrund von Zeit und Ressourcen konnten weder alle potenziell geeigneten Softwareanwendungen im Einsatz erprobt werden, noch wurden neben BI und PM weitere Analyse-disziplinen eingesetzt. Die neun projektbasierten Lehrveranstaltungen, die im Kontext der Entwicklung des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA durchgeführt wurden, ähnelten sich in ihren Rahmenbedingungen und Strukturen. Eine Erprobung des Rahmenwerks sowie der exemplarischen LLUA in projektbasierten Lehrveranstaltungen mit größeren Unterschieden in diesen Bereichen wäre ein sinnvolles anschließendes Forschungsprojekt.

¹Jira, Confluence, GitLab, Mattermost und BigBlueButton (BBB)

²*Extract, Transform, Load*

³Power BI, Disco und ProM

Im Vergleich mit verwandten Arbeiten anderer Forschender wurden sowohl Alleinstellungsmerkmale des LLUA-Rahmenwerks aufgezeigt als auch potenziell gewinnbringende Ergänzungen identifiziert. Andere vergleichbare Arbeiten weisen z. B. nicht den Umfang des LLUA-Rahmenwerks auf, stellen keine systematische Betrachtungsweise der Fachdomäne (projektbasierte Lehrveranstaltungen) bereit, beinhalten kein entsprechend detailliertes Vorgehensmodell für die Datenanalyse und integrieren – wenn überhaupt – weniger umfassende praxisorientierte Anleitungen und Hinweise. Im Gegenzug wird in einigen anderen Arbeiten z. B. die Überprüfung eingesetzter Lehr- und Lerntheorien stärker fokussiert und es werden prädiktive Analyseverfahren eingesetzt, um auf mögliche zukünftige Situationen hinzuweisen.

Der folgende Teil bildet den Abschluss dieser Arbeit. Zunächst werden die zentralen Ergebnisse des Forschungsprojekts und die Inhalte dieser Arbeit zusammengefasst. Am Ende wird ein Ausblick auf potenzielle zukünftige Forschungsvorhaben gegeben.

Teil IV

Schlussbetrachtung

Der Teil IV bildet den Schluss der vorliegenden Arbeit. Dazu werden im ersten Kapitel die zentralen Beiträge dieses Forschungsprojekts aggregiert dargestellt (s. Kapitel 20). Daraufhin werden die Inhalte der vorangegangenen Teile kapitelweise zusammengefasst (s. Kapitel 21).

Abgeschlossen wird die Arbeit mit einem Ausblick auf potenzielle zukünftige Forschungsvorhaben (s. Kapitel 22).

20 Zusammenfassung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die zentralen Beiträge dieses Forschungsprojekts aggregiert dargestellt.

Im Zentrum der Ergebnisse dieses Forschungsprojekts steht das LLUA¹-Rahmenwerk. Dieses unterstützt Veranstalter*innen in der Informatik-Lehre darin, eine LLUA für projektbasierte Lehrveranstaltungen zu entwerfen und zu implementieren sowie in diesen gewinnbringend einzusetzen. Basierend auf diesem Rahmenwerk wurde als weiterer Beitrag die exemplarische LLUA erschaffen, durch die gezeigt werden konnte, dass projektbasierte Lehrveranstaltungen mit dieser geplant, organisiert, durchgeführt (vgl. Kapitel 14), analysiert und ausgewertet (vgl. Kapitel 15) werden können. Die Ergebnisse der durchgeführten Datenanalysen konnten u. a. dabei helfen ...

- Lehrveranstaltungen zielgerichtet umzustrukturieren,
- die eingesetzte technische Umgebung an die Bedürfnisse der Personen anzupassen,
- angestrebtes Projektmanagement und den Einsatz der technischen Werkzeuge zu erlernen,
- die Kommunikation und Kooperation zwischen den Personen zu verstehen und positiv zu beeinflussen,
- herausfordernde Tätigkeiten zu identifizieren,
- den Arbeitsaufwand der Teilnehmenden besser einzuschätzen,
- Hinweise auf Prokrastination unter den Teilnehmenden zu erhalten und
- die Verwendung der Lernmaterialien zu verstehen sowie die Lernmaterialien anzupassen (vgl. Kapitel 16).

Die Forschungsfragen konnten durch die systematische Entwicklung verschiedener Ausprägungen einer LLUA, ihre Erprobung und Evaluation in insgesamt neun projektbasierten Lehrveranstaltungen beantwortet und die Hypothesen validiert werden (vgl. Kapitel 14, 15 und 16).

Das LLUA-Rahmenwerk unterstützt sowohl die Veranstalter*innen als auch die Teilnehmenden von projektbasierten Lehrveranstaltungen. Die im Rahmen dieses Forschungsprojekts durchgeführten Recherchen konnten kein vergleichbares Rahmenwerk identifizieren, das eine ähnliche Unterstützung und Umfang in diesem Bereich bietet (vgl. Abschnitt 18.1).

Im Folgenden werden die wichtigsten Inhalte des Rahmenwerks zusammenfassend aufgeführt.

Systematische Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen Durch die Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen als Multiagentensystem wurde eine systematische Betrachtungsweise entwickelt (s. Kapitel 5). Diese benennt einzelne Rollen,

¹Lehr-, Lern- und Analyseumgebung

welche unterschiedliche Ziele verfolgen und unterschiedlichen Herausforderungen gegenüberstehen (s. Abschnitt 6.1). Diese wurden auf der Grundlage von Beobachtungen und Befragungen von Veranstaltenden und Teilnehmenden in realen Lehrveranstaltungen erhoben sowie mittels solcher aus der Literatur angereichert. Ergänzt wurde dieser Vorschlag um Rollen, welche im Kontext der Analyse von (Bildungs-)Daten auftreten können. Für diese wurden ebenfalls Ziele und Herausforderungen erhoben (s. Abschnitt 6.2).

Im Rahmen der Recherchetätigkeiten konnten keine Arbeiten gefunden werden, die sowohl die Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen als auch in der Datenanalyse in dem vorgeschlagenen Detailgrad beschreiben (vgl. Abschnitt 18.1.5).

Mittels des entwickelten *Konzepts der Abbildung* (s. Seite 220) wurden auf dieser Grundlage Anforderungen jeweils an die technische und menschliche Umgebung abgeleitet. Anschließend wurden diese Anforderungen auf das Rahmenwerk übertragen und somit definiert (s. Kapitel 9).

Organisation und Kollaboration Das LLUA-Rahmenwerk unterstützt die Organisation von projektbasierten Lehrveranstaltungen und die Kollaboration der beteiligten Personen sowohl konzeptionell als auch praxisorientiert. Auf der Grundlage der zuvor definierten Anforderungen (s. o.) wurden den zu realisierenden Diensten, entsprechend des *Konzepts der Abbildung*, technische Rollen (s. Abbildung 12.3) und generelle Komponenten zugewiesen (vgl. Abschnitt 12.2). Aus diesem groben Entwurf wurde ein feiner Entwurf abgeleitet, in welchem die generellen Komponenten durch konkrete Ausprägungen von Softwareanwendungen ersetzt worden sind (vgl. Abschnitt 12.2).

Diese Auswahl und die vorgenommene Kopplung erfüllen die erhobenen Anforderungen, wie durch den Einsatz in realen projektbasierten Lehrveranstaltungen gezeigt werden konnte (vgl. Kapitel 14).

Darüber hinaus wurden im LLUA-Handbuch² praxisorientierte Hinweise zusammengetragen, wie solche oder ähnliche Softwareanwendungen in projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt werden können.

Durchführung und Einsatz von Datenanalysen Auch die Analyse von Bildungsdaten wird vom LLUA-Rahmenwerk konzeptionell und praktisch unterstützt. Neben den bereits oben beschriebenen Rollen in der Datenanalyse, wird der konzeptionelle Kern von dem entwickelnden Vorgehensmodell (s. Abbildung 10.8 und Abschnitt 12.3.1) gebildet. Das zusätzlich entwickelte Schema für die Dokumentation und Nachverfolgbarkeit durchgeführter Datenanalysen (s. Abschnitt 12.3.2 und im Handbuch³) ergänzt das Vorgehensmodell. Das Vorgehensmodell orientiert sich an bereits existierenden Prozessen und Modellen, bietet aber eine detailliertere Beschreibung für die Verarbeitung und Analyse von Bildungsdaten sowie zur Nutzung der Analyseergebnisse im Vergleich zu diesen (vgl. Abschnitt 18.1.3).

Die einzelnen Tätigkeitsbereiche des Vorgehensmodells wurden durch detaillierte textuelle und visuelle Beschreibungen sowie praxisorientierte Beispiele⁴ erläutert. Zum einen werden prinzipielle Erläuterungen bereitgestellt, welche die generellen Tätigkeiten und den Umgang mit den Herausforderungen beschreiben. Zum anderen werden konkrete Be-

²<https://llua-raahmenwerk.dennis-schmitz.de/>, besucht am 31.01.2024

³https://llua-raahmenwerk.dennis-schmitz.de/sections/datenanalyse/dokumentation_der_datenanalyse/#schema_und_template_fur_die_dokumentation, besucht am 31.01.2024

⁴Diese sind im LLUA-Handbuch zu finden.

schreibungen und Anleitungen (inkl. verwendbarer, technischer Artefakte⁵) zur Verfügung gestellt, die beschreiben, wie die ggf. auftretenden Herausforderungen mit der exemplarischen LLUA bewältigt werden können.

Zur Datenextraktion, -vorverarbeitung, -transformation sowie zum Datensammeln wurde der Einsatz von ETL-Prozessen vorgeschlagen. Mittels dieser können die Daten für die beiden gewählten Analysedisziplinen *Business Intelligence* und *Process Mining* vorbereitet und zur Analyse bereitgestellt werden. Für die dafür notwendige Kopplung von Komponenten bzw. Softwareanwendungen wurden ebenfalls ein grober sowie ein feiner Entwurf bereitgestellt, welche jeweils mit den oben genannten Entwürfen integriert worden sind. Die Resultate sind eine vollständige konzeptionelle (s. Abbildung 12.13) sowie die exemplarische LLUA (s. Abbildung 12.14). Der Einsatz der exemplarischen LLUA in realen projektbasierten Lehrveranstaltungen hat gezeigt, dass diese die erhobenen Anforderungen erfüllt (vgl. Kapitel 15).

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von *Business Intelligence* in Verbindung mit *Process Mining* in projektbasierten Lehrveranstaltungen das Potenzial hat, neue Erkenntnisse zu gewinnen, welche sich positiv einsetzen lassen (s. o. und Kapitel 16).

Entwicklung und Betrieb einer LLUA Neben der, bereits oben erwähnten, systematischen Betrachtung und dem *Konzept der Abbildung*, welche u. a. der Entwicklung des groben Entwurfs einer LLUA und des feinen Entwurfs der exemplarischen LLUA dienen, wurden Inhalte⁶ geschaffen, um die Umsetzung und den Betrieb einer LLUA zu unterstützen.

Prinzipielle Erläuterungen weisen darauf hin, was aus technischer Perspektive bei der Umsetzung und dem Betrieb einer LLUA zu beachten ist. Konkrete Anleitungen (inkl. verwendbarer technischer Artefakte⁷) vereinfachen zum einen die Inbetriebnahme der exemplarischen LLUA und geben zum anderen Anhaltspunkte für das Setup ähnlicher Umgebungen. Darüber hinaus werden grundlegende Wartungstätigkeiten anhand der exemplarischen LLUA erläutert, welche auf diese Weise eine Vorstellung des Aufwands vermitteln.

⁵Zu diesen zählen ausführbare ETL-Prozesse und Vorlagen zur Visualisierung der Daten.

⁶Diese sind vorrangig in dem LLUA-Handbuch zu finden.

⁷Zu diesen zählen `docker-compose.yml` Dateien und weitere Konfigurationsdateien, die zum Betreiben der Softwareanwendungen notwendig sind.

21 Zusammenfassung der Inhalte

In dieser Arbeit werden die Entwicklung, die grundlegenden Konzepte und der Einsatz des LLUA¹-Rahmenwerks präsentiert. Durch den Einsatz einer exemplarischen LLUA in praxisorientierten, kooperativen, kollaborativen und verteilten Lehrveranstaltungen (projektbasierten Lehrveranstaltungen) konnten entwickelte Konzepte unter realen Bedingungen praktisch erprobt werden. Die gewonnenen Erfahrungen flossen in das LLUA-Rahmenwerk zurück und prägten so dessen Ausrichtung und Inhalte mit.

Teil I: Einleitung und Hintergrund

Einleitung

In der Einleitung dieser Arbeit wird die Analyse von Bildungsdaten im Kontext von projektbasierten Lehrveranstaltungen motiviert. Es werden spezielle Herausforderungen beschrieben, mit welchen die Veranstaltenden und Teilnehmenden in solchen Lehrveranstaltungen konfrontiert werden. Auf dieser Basis wird das Ziel formuliert, im Zuge dieses Forschungsprojekts ein Rahmenwerk bereitzustellen, das Veranstaltende und Teilnehmende dabei unterstützt, eine LLUA zu entwickeln und einzusetzen. Um die wissenschaftliche Forschung auszurichten und einzugrenzen, werden drei Forschungsfragen und drei Hypothesen definiert. Der Lösungsansatz sieht vor, dass ausgehend von einer systematischen Betrachtungsweise projektbasierter Lehrveranstaltungen eine exemplarische LLUA entwickelt wird, welche in realen projektbasierten Lehrveranstaltungen eingesetzt und erprobt wird. Diese Erfahrungen und Ergebnisse wirken als Feedback und beeinflussen wiederum die Inhalte des Rahmenwerks.

Grundlagen und Terminologie

Die Themenschwerpunkte Lehren, Lernen und Analysieren von Bildungsdaten, Projektmanagement sowie Datenanalysen werden in dieser Arbeit grundlegend umrissen und zentrale Inhalte und Begrifflichkeiten erläutert. In diesem Zuge werden Lehrveranstaltungsformen und digitale Lehr- und Lernumgebungen beschrieben sowie die beiden Forschungsfelder *Learning Analytics* (LA) und *Educational Data Mining* (EDM) näher betrachtet. Anschließend werden grundlegende Charakteristika von Projekten und Projektmanagementumgebungen (PMUs) angeführt. Im Kontext der Datenanalyse werden grundlegende Prozesse sowie Konzepte erläutert und die beiden hier gewählten Analysedisziplinen *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) vorgestellt.

Daraufhin werden die Konzepte Agenten (Multiagentensysteme) und Prozesse grundlegend eingeführt. In diesem Zuge wird das für dieses Forschungsprojekt konzeptionelle Vorbild einer Modellierung von Multiagentensystemen namens MULAN vorgestellt. Außerdem

¹Lehr-, Lern- und Analyseumgebung

werden Modellierungstechniken beschrieben, die in dieser Arbeit zum Einsatz kommen, und Grundlagen zur Systemadministration und dem Web-Hosting angeboten.

Den Abschluss dieses Kapitels bildet die Beschreibung der projektbasierten Lehrveranstaltungen, die im Kontext dieses Forschungsprojekts vom Autor dieser Arbeit durchgeführt bzw. begleitet (insgesamt neun Veranstaltungen) wurden. Die begleiteten Lehrveranstaltungen haben das Ziel, die agentenorientierte Softwareentwicklung (AOSE) im Team zu lehren. In den vom Autor selbst durchgeführten Lehrveranstaltungen wird die Analyse von Bildungsdaten mittels BI und PM im Team gelehrt.

Untersuchung und Aufbereitung verwandter Forschungsbereiche

Es werden Ergebnisse anderer Forscher untersucht und aufbereitet, die im Kontext dieser Arbeit für die drei Forschungsbereiche Modellierung, Projektmanagement und Datenanalyse relevant sind. Dazu werden unterschiedliche Ansätze zur Modellierung von Lehrveranstaltungen und Organisationen sowie Projekten in anderen Kontexten betrachtet. Als Modellierungsformen werden jeweils die agentenorientierte und die prozessorientierte Modellierung betrachtet. Neben anderen PMUs, die in Lehrveranstaltungen eingesetzt werden, wird die PMU der PAOSE-Lehrveranstaltungen beschrieben, welche den Ausgangspunkt für die hier exemplarisch entwickelte LLUA dargestellt hat. Es wird beschrieben, wie andere Forschende Analysen von Bildungsdaten sowie in anderen Kontexten durchführen und einsetzen. Als Abschluss werden andere Rahmenwerke, Umgebungen und Vorgehensmodelle vorgestellt, die für die Realisierung und Durchführung von Datenanalysen in Lehrveranstaltungen entwickelt wurden. Hier wird das *LAVA*-Modell beschrieben, an welchem sich das in dieser Arbeit entwickelte Vorgehensmodell orientiert.

Es zeigt sich u. a., dass die bisherigen Lehr- und Lernumgebungen häufig den Projektmanagementaspekt vernachlässigen [Molinari 2021b] und es an komplexeren Informationssystemen mangelt, welche Fähigkeiten zur Analyse von Bildungsdaten aufweisen [Nguyen; Tunanen u. a. 2021]. Ein weiteres relevantes Bestreben ist es, die Datenkompetenz (engl. *data literacy*) der Veranstaltenden zu steigern [Kippers u. a. 2018]. Das könnte zum Beispiel dadurch erreicht werden, den Veranstaltenden nicht nur Analyseergebnisse bereitzustellen, sondern sie frühzeitig in den Datenanalyseprozess zu integrieren.

Teil II: Entwicklung des Rahmenwerks

Präzisierung der wissenschaftlichen Untersuchung

Die Forschungsfragen und Hypothesen aus der Einleitung werden aufgegriffen und diskutiert. In diesem Zuge werden sie verfeinert, um darauf aufbauend konkrete (Teil-)Lösungsansätze, Ziele und das iterative Vorgehen zu definieren. Diese umfassen

- die Entwicklung einer konzeptionellen Betrachtungsweise für die Analyse von projektbasierten Lehrveranstaltungen,
- die Entwicklung der Anforderungen an eine LLUA und das Rahmenwerk,
- die Konzeption des Rahmenwerks,
- die Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks,
- die technische Bereitstellung des Rahmenwerks,
- die technische Realisierung und den Einsatz einer LLUA,
- die Evaluation der LLUA und

- die Evaluation sowie Kommunikation des Rahmenwerks.

Es wurde beschlossen, die zahlreichen Iterationen nicht einzeln, sondern gebündelt zu beschreiben. Dazu werden die einzelnen Iterationsschritte jeweils iterationsübergreifend zusammengefasst, um ein einheitliches Bild zu präsentieren.

Förderung der systematischen Betrachtung projektbasierter Lehrveranstaltungen

Um eine systematische Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen – zumindest im Rahmen dieses Forschungsprojekts – zu etablieren, wird eine konzeptionelle Auffassung als Multiagentensystem (MAS) vorgeschlagen. Dazu werden u. a. die Rollen und Agentenspezifikationen, die in projektbasierten Lehrveranstaltungen auftreten, identifiziert und beschrieben. Die beiden Agentenspezifikationen sind *Veranstaltende* und *Teilnehmende*, welche sich in Form realer Personen manifestieren können. Erstere kann aus den Rollen *AngestellteR*, *PrüferIn*, *VeranstaltungsentwicklerIn* und *BeteiligteR* aggregiert werden. Letztere aus den Rollen *Prüfling* und *BeteiligteR*. *BeteiligteR* bildet dabei eine Zwischenrolle, welche von den folgenden Rollen erben kann: *LehrerIn*, *LernerIn*, *ProjektmanagerIn*, *AdministratorIn*, *AnalytikerIn* und *KooperateurIn*.

Erhebung von Zielen und Herausforderungen von Rollen in projektbasierten Lehrveranstaltungen

Basierend auf den identifizierten Rollen werden im nächsten Schritt einige reale Ziele und Herausforderungen dieser Rollen beim Lehren und Lernen in projektbasierten Lehrveranstaltungen erhoben.

Der *AnalytikerIn* wird besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Sie wird in die weiteren Subrollen *FragerIn*, *BeobachterIn* und *DatenanalytikerIn* untergliedert. Aufgrund ihrer zentralen Funktion in diesem Forschungsprojekt – Daten zu analysieren – wird ihre Rolle *DatenanalytikerIn* weiter verfeinert: *AnwendungsfallverstherIn*, *DatenverstherIn*, *DatenintegratorIn*, *DatenvisualisiererIn*, *AnalyseevaluatorIn* und *AnalyseanwenderIn*. Auch für diese Rollen werden Ziele und Herausforderungen erhoben, welche sie beim Analysieren von Bildungsdaten in projektbasierten Veranstaltungen verfolgen bzw. erfahren.

Die erhobenen Ziele und Herausforderungen bilden die Grundlage für die weiteren Entwicklungsschritte des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA.

Skizzierung einer Lehr-, Lern- und Analyseumgebung sowie des Rahmenwerks

Um allgemeine Vorstellungen des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA zu vermitteln, werden beide skizziert.

Die LLUA ist auf der obersten Ebene in die vier Bereiche *Planung & Durchführung*, *Kommunikation & Kollaboration*, *Analyse* und *Reflexion* eingeteilt. Für diese Bereiche bietet die LLUA jeweils mehrere Funktionalitäten (Anwendungsfälle) an.

Das Rahmenwerk besteht auf der obersten Ebene aus vier Clustern, welche im späteren Verlauf der Arbeit in Module untergliedert werden. Die Cluster adressieren die Unterstützung der systematischen Betrachtung von projektbasierten Lehrveranstaltungen (1), der Organisation und Kollaboration (2), der Datenanalyse (3) sowie der Entwicklung und des Betriebs einer LLUA (4).

Festlegung der Rahmenbedingungen

Bevor die Entwicklung weiter voranschreitet, werden Rahmenbedingungen definiert, die gelten bzw. eingehalten werden müssen. Diese beziehen sich auf organisatorische und technische Aspekte sowie die Einhaltung des Datenschutzes, der Persönlichkeitsrechte und die Berücksichtigung ethischer Richtlinien. Es wird z. B. festgelegt, dass im Kontext dieses Forschungsprojekts ausschließlich pseudonymisierte Daten untersucht werden sollen. Dadurch wird zwar zum einen die Möglichkeit unterbunden, den einzelnen Veranstaltenden und Teilnehmenden auf der Grundlage von Erkenntnissen aus Datenanalysen individuelle Rückmeldungen oder Hinweise zu geben. Zum anderen sorgt diese Entscheidung jedoch dafür, dass die Einhaltung der aufgeführten Richtlinien vereinfacht wird.

Außerdem werden die Wechselwirkungen beschrieben, welchen das Rahmenwerk und die exemplarische LLUA während ihrer parallelen Entwicklung unterliegen. So beeinflussen die Erprobung und der Einsatz der exemplarischen LLUA z. B. die Forschungsumgebung selbst und die Konzepte, welche vom Rahmenwerk vorgegeben werden.

Herausarbeitung und Definition der Anforderungen

Ausgehend von den erhobenen Zielen und Herausforderungen der Rollen sowie den festgelegten Rahmenbedingungen, werden die Anforderungen an eine LLUA und das Rahmenwerk definiert. Neben übergreifenden, wie konzeptionellen, technischen und ethischen Anforderungen sowie Benutzbarkeits-, Portierbarkeits- und Umsetzungsanforderungen, wird i. d. R. zwischen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen unterschieden. Die Anforderungen werden ausgehend von den Rollen definiert und zusätzlich zu der textuellen Beschreibung als Use Case Diagramme (UCDs) modelliert.

Das Ergebnis ist eine strukturierte Sammlung von Anforderungen, welche es durch die weitere Entwicklung zu erfüllen gilt.

Konzeption der Inhalte des Rahmenwerks

In diesem Kapitel werden die Inhalte für das Rahmenwerk konzipiert. Einige von diesen, wie z. B. die Abbildung von projektbasierten Lehrveranstaltungen auf MAS, wurden bereits intensiv in der Arbeit benutzt, werden hier jedoch mit weiteren Beschreibungen angereichert. Es wird u. a. das *Konzept der Abbildung* entwickelt, welches die Abbildung individueller projektbasierter Lehrveranstaltungen auf MAS unterstützen soll. Dieses sieht die folgenden drei Phasen vor, welche jeweils genauer beschrieben sind: *Modellierung der menschlichen Umgebung*, *Modellierung der technischen Umgebung* und *Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen*.

Die Architektur des Rahmenwerks wird weiter ausgearbeitet, indem die Cluster in einzelne Module unterteilt und diesen die zuvor definierten Anforderungen zugewiesen werden. Es wird beschrieben, wie und womit die einzelnen Module die ihnen zugewiesenen Anforderungen erfüllen. Außerdem wird beschrieben, inwiefern die Cluster sich gegenseitig inhaltlich beeinflussen und untereinander die entwickelten Modelle bzw. Konzepte benutzen.

Das Vorgehensmodell für die Datenanalyse wird vorgestellt, jedoch ohne seine einzelnen Tätigkeitsbereiche konkret zu erläutern und die jeweils verantwortlichen Subrollen der *DatenanalytikerIn* zuzuweisen. Dies wird erst in einem späteren Kapitel bei der Ausarbeitung

der Inhalte des Rahmenwerks vollzogen (s. u.). Durch das hier präsentierte Vorgehensmodell wird bereits die Ausprägung des Datenanalyseprozesses festgelegt, welche in diesem Forschungsprojekt verfolgt wird.

Bereitstellung des Rahmenwerks

Bevor die Inhalte des Rahmenwerks ausgestaltet werden, wird die Bereitstellung des Rahmenwerks entworfen, konzipiert und technisch realisiert. Die Bereitstellung besteht zum einen aus der vorliegenden Arbeit. Um den Zugang zum Rahmenwerk jedoch benutzungsorientiert zu gestalten, wird zum anderen zusätzlich ein digitales Handbuch (das LLUA-Handbuch) angefertigt, welches als statische Webseite² umgesetzt und veröffentlicht wird. Das digitale Handbuch enthält, im Gegensatz zu dieser Arbeit, praxisorientierte Beispiele, Anleitungen und technische Artefakte, um eine eigene LLUA zu entwickeln und zu betreiben. Das Rahmenwerk kann, unabhängig von der vorliegenden Arbeit, mit Hilfe des Handbuchs praxisorientiert eingesetzt werden.

Ausgestaltung der Inhalte des Rahmenwerks

Die zuvor strukturell und inhaltlich konzipierten Module des Rahmenwerks werden mit konkreten Inhalten gefüllt. Einige davon verbleiben ausschließlich in der vorliegenden Arbeit, andere lassen sich auch im LLUA-Handbuch finden. Als Ergebnis dieses Kapitels ist u. a. die Ausgestaltung des LLUA-Handbuchs zu werten.

Weitere zentrale Ergebnisse dieses Kapitels sind die sukzessive Entwicklung des konzeptionellen groben Entwurfs einer LLUA und der feine Entwurf der exemplarischen LLUA.

Für jedes Modul des Rahmenwerks wird eine Verortung in dieser Dissertationsschrift angegeben, falls Teile seiner Inhalte aus Abhängigkeitsgründen bereits zuvor erläutert oder benutzt wurden. Außerdem wird ein Web-Link bereitgestellt, unter welchem sich die Inhalte des Moduls im Handbuch aufrufen lassen.

Teil III: Einsatz, Evaluation und Diskussion des Rahmenwerks

Unterstützung des Planens und Koordinierens

Die Beschreibung des Einsatzes der exemplarischen LLUA und deren Evaluation sowie Diskussion wird für den Untersuchungskomplex *Unterstützung des Planens und Koordinierens* anhand der definierten Anforderungen und festgelegten Rahmenbedingungen (s. o.) vollzogen. Dieser Untersuchungskomplex wird von der Forschungsfrage 1 aufgespannt und von der Hypothese 1 eingegrenzt. In diesem Zusammenhang wird auch die Unterstützung des Rahmenwerks für diesen Untersuchungskomplex evaluiert und diskutiert. Beides führt anschließend zur Diskussion der Forschungsfrage 1 und ihrer Subfragen sowie der Hypothese 1 und ihrer Subhypothesen.

Es wird u. a. das folgende Fazit gezogen: „In diesem Forschungsprojekt konnte exemplarisch gezeigt werden, dass die Veranstaltenden und Teilnehmenden von projektbasierten Lehrveranstaltungen mit einer heutzutage für die verteilte Softwareentwicklung typischen PMU unterstützt werden können. Zu diesem Zweck hat sich die Kombination aus Jira, Confluence, GitLab, Mattermost und BigBlueButton (BBB) als geeignet erwiesen. Es ist

²<https://llua-raahmenwerk.dennis-schmitz.de/>, besucht am 31.01.2024

davon auszugehen, dass andere Softwareanwendungen, welche die gleichen oder ähnlichen erforderlichen Funktionalitäten bieten, ebenfalls eine solche Unterstützung leisten können.“ [Seite 338]

Unterstützung des Datenanalysierens

Auch in diesem Kapitel wird der Einsatz der exemplarischen LLUA und des Rahmenwerks geschildert, evaluiert und diskutiert. Jedoch vor dem Hintergrund des Untersuchungskomplexes *Unterstützung des Datenanalysierens*, welcher von der Forschungsfrage 2 aufgespannt und von der Hypothese 2 eingegrenzt wird. Auch hier führt dies zur Diskussion der Forschungsfrage und ihrer Subfragen sowie der Hypothese 2 und ihrer Subhypothesen.

Das allgemeine Fazit fällt in diesem Kapitel wie folgt aus: „Im Verlauf dieses Forschungsprojekts konnte anhand mehrerer projektbasierter Lehrveranstaltungen gezeigt werden, dass in diesen Veranstaltungen, mittels gängiger Disziplinen, Methoden, Techniken und Werkzeuge, Daten aufgezeichnet, gesammelt und analysiert werden können. Es konnte ein Vorgehen entwickelt werden, mit welchem sich die Veranstaltenden und Teilnehmenden beim Reflektieren ihres eigenen Verhaltens und dem der anderen Personen unterstützen lassen.

Während sich zur Datenaufzeichnung Jira, Confluence und Mattermost als zweckentsprechend hervorgetan haben, konnten die Daten mittels PDI-Client und PDI-Server in Form eines ETL-Prozesses vorverarbeitet und anschließend mittels BI (Power BI) und PM (Disco und ProM) analysiert werden. Es wird angenommen, dass andere Softwareanwendungen, welche die gleichen bzw. ähnliche benötigte Funktionalitäten bereitstellen, eine ebenbürtige Unterstützung bieten können.“ [Seite 363]

Bewertung des Potenzials von Datenanalysen

Um das Potenzial von Datenanalysen abzuschätzen, die mittels der exemplarischen LLUA durchgeführt werden können, wird in drei Stufen vorgegangen.

Zunächst werden der Mehrwert und die Auswirkungen betrachtet. Zu diesem Zweck werden beispielhafte Analysen angeführt, welche in projektbasierten Lehrveranstaltungen durchgeführt und eingesetzt wurden. In diesem Zusammenhang werden außerdem ihre jeweiligen Auswirkungen beschrieben. Anschließend wird der gewinnbringende Einsatz der ausgewählter Analysen und der eingesetzten Kommunikationsformen untersucht. Als letztes wird der Mehraufwand beurteilt, welche die Veranstaltenden und ggf. auch die Teilnehmenden aufgrund der Datenerhebung und -analyse haben.

Der Mehrwert und die Auswirkungen werden wie folgt abgeschätzt: „Mit der Unterstützung der aus den Datenanalysen gewonnenen Informationen konnten die Veranstaltenden zusammen mit den Teilnehmenden der oben genannten neun Lehrveranstaltungen u. a.

- Probleme, Unklarheiten und Engpässe identifizieren,
- die Lehrveranstaltung selbst zielgerichtet umstrukturieren,
- die technische Umgebung an die Bedürfnisse der Personen anpassen,
- eine iterative Arbeitsweise fördern und
- auf möglicherweise hilfreiche KommunikationspartnerInnen hinweisen.

Die Teilnehmenden wurden darüber hinaus u. a. darin gefördert, Verhaltensweisen für das Projektmanagement einzuüben und ihre Nutzung der bereitgestellten Werkzeuge zu

verbessern. Sie haben einen Überblick der Tätigkeiten und des zeitlichen Aufwands aller erhalten und wurden so dabei gefördert, ihr eigenes Engagement in Bezug auf das der anderen Teilnehmenden einzuordnen.“ [Seite 375]

Es hat sich „gezeigt, dass die Veranstaltenden und Teilnehmenden für die Anpassung ihres Verhaltens zeitnahe Anpassungsvorschläge bevorzugen. Sie wünschen also ein schnelles Feedback, um ggf. verbesserungswürdiges Verhalten anzupassen bzw. gutes Verhalten beizubehalten oder zu intensivieren.“ [Seite 402]

In diesem Forschungsprojekt wurden nur pseudonymisierte Daten untersucht und somit sind keine individuellen Rückmeldungen auf der Basis von Datenanalysen erfolgt. „Dennoch konnte beobachtet werden, dass allgemeine Anpassungsvorschläge die Personen dabei unterstützen können, ihr eigenes Verhalten entsprechend anzupassen.“ [Seite 403]

Als Kommunikationsform der Ergebnisse der Datenanalysen wird laut einer Umfrage eine reine Präsentation bevorzugt. Es konnte beobachtet werden, dass die Anpassungsvorschläge besser angenommen werden, wenn die Ergebnisse der Analysen nicht nur durch visuelle und textuelle Hilfsmittel bereitgestellt, sondern auch besprochen werden.

Der Mehraufwand „hängt stark davon ab, welche Schritte des Datenanalyseprozesses bereits vorbereitet oder sogar automatisiert sind“ [Seite 406] und welche Präsentations- und Kommunikationsformen gewählt werden. „Nach der Einschätzung des Autors dieser Arbeit, sollten Veranstalter davon absehen, innerhalb einer Woche, ohne bisherige Vorbereitungen die Datenvorverarbeitung und -analyse sowie Bereitstellung und Kommunikation der Ergebnisse anzustreben.“ [Seite 406]. Durch fortschreitende Automatisierung und Vorbereitung der Analysen – speziell der Datenvorverarbeitung – kann sich der Mehraufwand erheblich verringern, sodass Analyseergebnisse zeitnah genutzt werden können.

Übergreifende Betrachtung

In diesem Kapitel werden zusätzlich zu den vorangegangenen drei Kapiteln, in denen die Untersuchungskomplexe der Forschungsfragen und Hypothesen evaluiert und diskutiert wurden, übergreifende Themen behandelt.

Die Nutzung einer agentenorientierten Perspektive als Basis für die systematische Betrachtungsweise wurde als adäquat bewertet. Durch sie wurden die Bedürfnisse der Personen der Lehrveranstaltungen in den Mittelpunkt der Entwicklung des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA gestellt.

Die gewählte Bereitstellung des Rahmenwerks trägt u. a. zur Installation, Konfiguration und Wartung einer LLUA sowie der exemplarischen LLUA bei. Die Einhaltung von Ethik, Datenschutz und Persönlichkeitsrechten ist nicht Forschungsgegenstand dieser Arbeit. Dennoch werden im Handbuch und in diesem Kapitel Erfahrungen geteilt, die kritische Themen und Situationen benennen, denen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden könnte.

Die Einschränkungen, welcher die Entwicklung des Rahmenwerks und der exemplarischen LLUA unterlagen, sind u. a., dass die untersuchten projektbasierten Lehrveranstaltungen sich ähneln, dass aufgrund von Zeit und Ressourcen nicht alle potenziell geeigneten Softwareanwendung im realen Einsatz erprobt werden konnten und dass für die Datenanalyse nur die Disziplinen BI und PM sowie diese nur auf pseudonymisierte Daten angewendet wurden.

Einordnung und Vergleich mit verwandten Arbeiten

Im Zuge des Vergleichs mit anderen Arbeiten konnten keine anderen Rahmenwerke gefunden werden, welche einen ähnlichen Umfang wie das LLUA-Rahmenwerk besitzen und dabei sowohl die Entwicklung als auch den Einsatz technischer Umgebungen berücksichtigen. Der im Fokus stehende Anwendungsfall „projektbasierte Lehrveranstaltungen“ hebt die Besonderheit des LLUA-Rahmenwerks weiter hervor.

Bei der Einordnung in Schemata anderer Forschender, zur Bewertung ähnlicher Arbeiten, und dem Vergleich mit von ihnen aufgestellten Herausforderungen, schließen das Rahmenwerk und die exemplarische LLUA insgesamt positiv ab. Die anderen betrachteten Arbeiten stellen keine systematische Betrachtungsweise von Lehrveranstaltungen bereit.

Im Vergleich mit anderen Rahmenwerken, werden dennoch sinnvolle Ergänzungen identifiziert, die das LLUA-Rahmenwerk bereichern könnten. Diese liegen u. a. darin, die Integration und Überprüfung eingesetzter Lehr- und Lerntheorien noch stärker zu unterstützen und prädiktive Analyseverfahren einzusetzen, um sich frühzeitig auf mögliche zukünftige Situationen vorzubereiten oder diese abzuwenden.

Das entwickelte Vorgehensmodell weist besonders in den Bereichen *Daten aufzeichnen* sowie *Daten speichern und vorverarbeiten* einen Detailgrad auf, welcher von den anderen untersuchten Vorgehensmodellen nicht geboten wird. Dafür integrieren einige andere die Lehr- und Lerntätigkeiten explizit. Während andere auch eine Dokumentation der Datenanalyse fordern, wird von diesen – im Gegensatz zu dieser Arbeit – kein Schema bereitgestellt, welches von AnwenderInnen übernommen werden und dabei unterstützen könnte dem jeweiligen Vorgehensmodell zu folgen.

Das LLUA-Handbuch erreicht einen hohen Umfang und besonders in den praxisorientierten Abschnitten einen Detailgrad, der von den untersuchten vergleichbaren Dokumenten in dieser Form nicht geboten wird.

22 Ausblick

Im Zuge des Vergleichs mit verwandten Arbeiten in Kapitel 18 wurden bereits weiterführende Forschungsansätze aufgezeigt und diskutiert. Diese werden hier nicht im Detail wiederholt. Außerdem bietet dieses Forschungsprojekt aufgrund seiner Vielzahl komplexer Themenbereiche etliche sinnvolle Möglichkeiten der Weiterentwicklung. In diesem Kapitel werden lediglich die aufgezeigt, die nach der Meinung des Autors dieser Arbeit einen besonders vielversprechenden Nutzen für die AnwenderInnen des LLUA-Rahmenwerks darstellen.

Erprobung in weiteren (anderen) Lehrveranstaltungen

Der wohl naheliegendste nächste Schritt ist die Erprobung des LLUA-Rahmenwerks in (projektbasierten) Lehrveranstaltungen, die stärker von den hier untersuchten abweichen. Auf der einen Seite könnte so eine LLUA mit anderen Softwareanwendungen entstehen, welche auf die individuellen Anforderungen besser zugeschnitten sind.

Auf der anderen Seite wäre es jedoch auch interessant zu evaluieren, inwiefern die exemplarische LLUA die Herausforderungen und Anforderungen anderer Lehrveranstaltungen adressiert. Da auch zur Realisierung der exemplarischen LLUA auf bereits bestehende Infrastruktur zurückgegriffen wurde, ist zu erwarten, dass dies in anderen Fachbereichen oder Hochschulen ebenfalls sinnvoll sein kann. Welche Softwareanwendungen angepasst bzw. ausgetauscht werden müssen, um diesen individuellen Gegebenheiten zu entgehen, könnte als hilfreiche Erfahrung in das LLUA-Rahmenwerk aufgenommen werden.

Erweiterung der systematischen Betrachtungsweise

Um die physikalischen und logischen Umgebungen, in welcher sich die Veranstaltenden und Teilnehmenden innerhalb einer projektbasierten Lehrveranstaltung befinden und miteinander interagieren, stärker miteinzubeziehen, könnten ihre Eigenschaften in das Modell aufgenommen werden. Diese könnten als Eigenschaften der *Infrastruktur* und *Plattformen* modelliert werden (vgl. Abbildung 5.1). Dazu müssten zunächst die unterschiedlichen Umgebungen (z. B. physikalische und virtuelle Räume) identifiziert und kategorisiert werden, um im Anschluss ihre ausschlaggebenden Eigenschaften sowie Unterschiede herauszuarbeiten. [Ingram 2020] macht Ähnliches z. B. für die Simulation von Klassenräumen. Auf dieser Grundlage könnten Herausforderungen, welche die Personen erfahren, den einzelnen Umgebungen zugeordnet und im Anschluss spezifische Unterstützungen realisiert werden.

In diesem Zuge könnte die Umgebung auch noch weiter gefasst werden und die Unterstützung der Mega (Regierung/Verwaltung) und Macro (Institution/Hochschule) Ebenen (nach [Ifenthaler und Widanapathirana 2014]) mit einbezogen werden. So könnten z. B. Vergleiche von projektbasierten Lehrveranstaltungen unterschiedlicher Veranstalter:innen oder Hochschulen durchgeführt und ein fachlicher Austausch angeregt werden. Eine

oder mehrere Instanz(en) einer (individuell anpassbaren) LLUA seitens der Hochschule bereitzustellen, würde zudem den Aufwand für die einzelnen Veranstaltenden selbst stark verringern. Zu diesem Zweck könnte die systematische Betrachtung u. a. um Rollen erweitert werden, die z. B. in den technischen und Verwaltungsbereichen einer Hochschule auftreten.

Neben diesen – aus Sicht der Veranstaltenden und Teilnehmenden – externen Gegebenheiten, könnten auch andere, wie etwa soziale Faktoren, mit in die Modellierung aufgenommen werden. Dies ist z. B. im *SimEd*-Modell [Sklar u. a. 2004] erfolgt. Genauso könnte das Wissen der Rollen explizit modelliert werden, was interessante Betrachtungen ermöglichen würde. Auf dieser Grundlage ließe sich z. B. entscheiden, wann bzw. in welchen Situationen eine Person die Rolle der LehrerIn einnehmen und ausleben kann. Die explizite Repräsentation des Wissensstandes der einzelnen Agenten (Personen) könnte außerdem dazu beitragen, geeignete LernpartnerInnen zu finden.

Datenaufzeichnung und -analysen erweitern

Neben den neuen Informationen, welche sich durch Datenanalysen gewinnen lassen, können in projektbasierten Lehrveranstaltungen neue Informationen u. a. durch das Beobachten und Befragen der Veranstaltenden und Teilnehmenden gewonnen werden. Bisher werden diese beiden Ansätze von dem LLUA-Rahmenwerk nur rudimentär berücksichtigt. Eine Integration elaborierter Ansätze, solche Beobachtungen und Befragungen systematisch durchzuführen, zu dokumentieren und die neuen Informationen im Zusammenspiel mit den Datenanalysen gewinnbringend einzusetzen, wäre eine bereichernde Erweiterung des LLUA-Rahmenwerks.

Im Bereich der Datenaufzeichnung ließen sich weitere Quellen hinzuziehen, wie z. B., besonders in der Lehre von Softwareentwicklung; die Analyse von Softwarerepositories. Dieser Aspekt wurde in diesem Forschungsprojekt nur exemplarisch verfolgt und nicht in das LLUA-Rahmenwerk integriert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse würden das Bild, welches zurzeit mittels Datenanalysen gewonnen werden kann, sinnvoll ergänzen.

Auch die Daten, die bei der Verwendung von fachspezifischen Softwareanwendungen, wie z. B. der IDE (*Integrated Development Environment*, dt. Integrierte Entwicklungsumgebung), aufgezeichnet werden können und deren anschließende Analyse mittels PM (wie z. B. in [Caldeira u. a. 2019]) könnte zusätzliche Erkenntnisse liefern. Daraus könnten detaillierte Rückmeldungen in Bezug auf das Vorgehen beim Lösen von konkreten Aufgaben abgeleitet werden.

Bisher wurden die neuen Erkenntnisse mittels Datenanalysen nur durch die Analysedisziplinen *Business Intelligence* (BI) und *Process Mining* (PM) gewonnen – und auch diese wurden nicht vollständig ausgeschöpft. So wurde, technisch unterstützt, bisher z. B. nur die PM Art *Entdeckung* (s. Abschnitt 2.3.8) eingesetzt¹. Vorgegebene, wünschenswerte Prozesse wurden bisher nur von Menschen mit den erhobenen Prozessen verglichen. Die sogenannte Konformitätsprüfung ließe sich jedoch auch technisch gestützt durchführen. Dies ließe sich auch auf andere Bereiche ausweiten. Durch die Definition einer „idealen Person“ oder eines „idealen Teams“, könnten Fakten von Personen bzw. Teams, wie sie hier mit BI visualisiert wurden, technisch miteinander verglichen werden. Die Abweichung

¹An dieser Stelle ist anzumerken, dass auch die Unterart *Social Mining* zum Einsatz gekommen ist, an dieser Stelle jedoch nicht Diskussionsgegenstand ist.

von den „idealen“ bzw. vorgegebenen Prozessen und Fakten muss nicht ausschließlich als negatives Phänomen eingestuft werden, sondern kann auch neue, bessere Lösungswege offenbaren (vgl. [Coremans u. a. 2023]).

Würde dieses Vorgehen automatisiert werden, also die Erhebung von Prozessen und Fakten sowie deren anschließende Konformitätsprüfung, ließe sich auf dieser Grundlage z. B. auch automatisiertes Feedback generieren. Diese Vision beinhaltet neben dem Einsatz der Konformitätsprüfung zwei weitere grundlegende Erweiterungen. Die Automatisierung der Datenanalyse mittels PM selbst sowie die Generierung automatischen Feedbacks.

Die Generierung automatisierten Feedbacks entfernt die menschliche Komponente aus den Interpretations- und Kommunikationsaktivitäten des Datenanalyseprozesses. Dabei sollte verstärkt darauf geachtet werden, dass die Analyseergebnisse für die nutzenden Personen verständlich und nachvollziehbar bleiben. Um die Datenanalyse zu erleichtern und den Nutzen der Analyseergebnisse zu erhöhen, könnte eine automatisierte Erstellung von interaktiven Dashboards hilfreich sein. Diese könnten zudem auf die individuellen Bedürfnisse der nutzenden Personen abgestimmt sein, um sie in ihren Rollen und Tätigkeiten adäquat zu unterstützen. Ein solcher Ansatz wurde bereits in der Bachelorarbeit [Gücük 2023] erarbeitet. Ihr Ziel war es, einige Analysen der hier betrachteten Lehrveranstaltungen in Echtzeit zur Verfügung zu stellen. Diesen Ansatz in einer projektbasierte Lehrveranstaltung einzusetzen und dadurch seinen Nutzen zu evaluieren, könnte wertvolle Hinweise liefern.

Im Rahmen der durchgeführten PM/DA Lehrveranstaltungen (s. Abschnitt 2.6.3) gab es unterschiedliche Bestrebungen, die Daten einer Lehrveranstaltung auszuwerten, die durch Zwischentests in dem *Learning Management Systems* (LMS) OpenOLAT² anfallen. Matthias Feldmann hat dieses Vorhaben im Rahmen eines universitätsinternen base.camp³-Projekts [Feldmann 2024] mittels einer komplexen technischen Umgebung unterstützt. Sollte die Durchführung von (Zwischen-)Tests in projektbasierten Lehrveranstaltungen als Lehr- und Lernkonzept vertreten sein, wäre diese Arbeit ein empfehlenswerter Ausgangspunkt.

Abgesehen von BI und PM könnten andere, im *Learning Analytics*-Kontext gängige, Analysedisziplinen in das LLUA-Rahmenwerk integriert werden. Vielversprechend wären außerdem Ergebnisse textbasierter Analysen, wie sie z. B. in [Ortega u. a. 2014] und [Tarmazdi u. a. 2015] präsentiert werden. In diesen Arbeiten werden Personen aufgrund der Textanalyse bestimmte Aktivitätsprofile bzw. Stimmungen zugewiesen. Als Datengrundlage könnte die textuelle Kommunikation der Personen verwendet werden.

In der exemplarischen LLUA können zurzeit die Daten des Sprach- und Video-Chats nicht untersucht werden. Neben den eben geschilderten textuellen Möglichkeiten, welche sich auch auf automatisiert transkribierte Sprach-Chats anwenden ließen, könnte sich daraus das Potenzial ergeben, Gesprächsanteile zu untersuchen und diese mit z. B. Ticketerstellungen, produzierten technischen Artefakten oder Code-Zeilen zu vergleichen.

Die Nutzung von Text-, Sprach- und Video-Chat Inhalten sollte jedoch nicht ohne die gründliche und gewissenhafte Untersuchung ethischer Aspekte erfolgen. Zum Beispiel könnte die Gefahr bestehen, dass die automatisierte Erkennung von menschlichen Stimmungen zu einer, von Maschinen induzierten, Stigmatisierung der Personen führt.

²<https://www.openolat.com/>, besucht am 31.01.2024

³<https://www.inf.uni-hamburg.de/inst/basecamp.html>, besucht am 31.01.2024

Darüber hinaus könnten telemetrische Daten, wie sie bei der Überwachung der Softwaresysteme gesammelt werden können, weitere Aufschlüsse über die Nutzung dieser und das Verhalten von Veranstaltenden sowie Teilnehmenden liefern.

In diesem Forschungsprojekt wurde aus unterschiedlichen Gründen davon abgesehen maschinelles Lernen einzusetzen, um z. B. prädiktive Analysen zu realisieren. Einer der Gründe war die geringe Menge an zur Verfügung stehenden Daten. Je öfter die exemplarische LLUA eingesetzt wird, desto mehr Daten können von ihr aufgezeichnet werden. Auf diese Weise wird voraussichtlich ein Zustand erreicht werden, in welchem solche Ansätze zielführend betrachtet werden könnten – vorausgesetzt es wird z. B. aus datenschutzrechtlichen Gründen keine Löschung der Daten durchgeführt.

Sammlung und Austausch von Daten

Um für solche und ähnliche Bestrebung mehr Daten zur Verfügung zu haben, kann der Austausch von (entsprechend vorverarbeiteten) Daten mit anderen Forschenden eine Option sein. Zur Zeit sieht das LLUA-Rahmenwerk vor, die Daten für PM als flache Tabellen und für BI als Sternschema zu sammeln. Ein für Bildungsdaten standardisiertes Format ist die *xAPI*⁴ (*Experience API*). Diese gibt u. a. eine spezielle Struktur vor, um die Daten zu sammeln (sogenannte *Statements*⁵). Die Daten, die im Kontext von projektbasierten Lehrveranstaltungen aufgezeichnet werden, in diese Form zu transformieren wäre eine erste konzeptionelle und technische Herausforderung. Wie aus diesem Datenformat wiederum Formate erzeugt werden können, sodass sie für BI und PM nutzbar sind, wäre ein nächster möglicher Schritt.

Die Verwendung des xAPI-Formats hätte nicht nur den Vorteil, dass die Daten bei Bedarf mit anderen Forschern ausgetauscht werden können, sondern auch, dass weitere Analysewerkzeuge genutzt werden können, die dieses Format interpretieren können. Mittels diesen ließen sich u. a. weitere Analysedisziplinen einfach auf die Daten anwenden und auf diese Weise unter Umständen weitere Erkenntnisse gewinnen.

Erprobung und Einsatz in Projekten in der Wirtschaft

Nachdem zu Beginn dieses Ausblicks bereits darauf hingewiesen wurde, dass das LLUA-Rahmenwerk in weiteren anderen Lehrveranstaltungen erprobt werden könnte, so ist auch eine Erprobung und der Einsatz in anderen Kontexten denkbar. Neben dem potentiellen Nutzen, den das LLUA-Rahmenwerk in diesen Kontexten bieten würde, könnte es von diesen Erfahrungen profitieren oder eine abgewandelte Form entwickelt werden.

Im organisationalen Kontext könnte die Durchführung und Einhaltung vorgegebener Prozesse einen höheren Stellenwert einnehmen, als in den hier betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen. Aus diesem Grund könnte es sinnvoll sein, das grundlegende Agentenkonzept der systematischen Betrachtung (s. Kapitel 5) im organisationalen Kontext durch das PAFFIN-Konzept (s. Seite 53) auszutauschen. Zwar steht bei diesem nicht die Modellierung von Organisationen im Vordergrund, jedoch lassen sich mit dem PAFFIN-Konzept Einheiten als flexible Entitäten modellieren, die sich entweder wie ein Agent, ein Workflow (Prozess) oder etwas dazwischen verhalten. Auf diese Weise ließen sich nicht nur

⁴<https://xapi.com/>, besucht am 31.01.2024

⁵<https://xapi.com/statements-101/>, besucht am 31.01.2024

die Ziele, Herausforderungen und Anforderungen der agierenden Personen, sondern auch die der einzuhaltenden Prozesse explizit berücksichtigen.

Der Einsatz von *Learning Analytics* im Bereich des beruflichen Lernens (engl. *professional learning*) ist bisher deutlich weniger erforscht als z. B. im Bildungsbereich [Ruiz-Calleja u. a. 2021]. Im Gegensatz zum Lernen im Bildungsbereich, ist das berufliche Lernen meist weniger formal, basiert auf Erfahrungen, sozialen Interaktionen und ist stärker praxisbezogen [Shum u. a. 2022]. Die genannten Aspekte des beruflichen Lernens beeinflussen auch das Lernen in den hier betrachteten projektbasierten Lehrveranstaltungen, für die das LLUA-Rahmenwerk entwickelt wurde. Eine Untersuchung des organisationalen Lernens mittels PM wird u. a. von [Köhler-Bußmeier 2009, S. 521] vorgeschlagen.

Neben den Daten, die von organisationalen Lernwerkzeugen aufgezeichnet werden, könnten auch die Daten, die im alltäglichen Gebrauch der organisationalen Softwareanwendungen aufgezeichnet werden, dazu beitragen, die Lernstrategien von Unternehmen auszurichten (vgl. [Poquet u. a. 2022]). Diese unterschiedlichen Datenquellen könnten sich außerdem über Organisationseinheiten hinweg erstrecken und bedürften dazu einer Integration. Eine der Absichten des LLUA-Rahmenwerks ist es, die integrierte Analyse von Daten unterschiedlicher Softwareanwendungen zu fördern, die zur Erledigung von Aufgaben beitragen und nicht ausschließlich zu Lernzwecken eingesetzt werden.

Schlussbemerkung

Im Zuge dieses Forschungsprojekts wurde das LLUA-Rahmenwerk geschaffen. Mit diesem Rahmenwerk können individuelle Lehr-, Lern- und Analyseumgebungen (LLUA) entwickelt und gewinnbringend eingesetzt werden. Das Rahmenwerk trägt dazu bei, eine Lücke im Bereich der Lehr- und Lernumgebungen zu schließen, die sowohl Projektmanagement- als auch Datenanalysefähigkeiten bieten.

Der Autor dieser Arbeit hofft, dass das LLUA-Rahmenwerk ausschließlich mit positiven Absichten und zur Unterstützung der Personen projektbasierter Lehrveranstaltungen eingesetzt wird. Er wünscht sich, dass auf diese Weise etliche Lehrveranstaltungen und das Rahmenwerk durch neue und nützliche Informationen bereichert sowie weiterentwickelt werden.

Anhang

Glossar

AdministratorIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen* *Veranstaltende* und *Teilnehmende* beitragen. Ihre Aufgabe ist das Aufsetzen und Warten der technischen Umgebung, sowohl für Server- als auch für Client-Anwendungen.

Agent Im Verständnis dieser Arbeit bezeichnet dieser Begriff Entitäten, die sowohl die schwache [Weiss und Jakob 2004] als auch die starke [Wooldridge und Jennings 1995] Charakterisierung von Agenten aufweisen. Agenten verfügen somit über die folgenden Eigenschaften: Flexibilität, Interaktivität, Autonomie, Mobilität, Aufrichtigkeit, Wohlverhalten und Rationalität. Hinzu kommen in dieser Arbeit die Selbstorganisation und Lernfähigkeit nach [Alonso u. a. 2001]. Agenten übernehmen üblicherweise eine oder mehrere Rollen und sie sind als Teil eines oder mehrere Multiagentensysteme in Abläufe mit anderen Agenten (und Kontexten) eingebunden.

In dieser Arbeit werden nicht nur Software- und Hardware-Einheiten als Agenten betrachtet und modelliert, sondern auch Personen.

Agentenorientierte Softwareentwicklung (AOSE) „Charakteristisch für [die AOSE] ist es, dass die Struktur und Funktionalität von Softwaresystemen unter dem Blickwinkel einer Menge von *Agenten* entworfen, implementiert und analysiert wird.“ [Weiss und Jakob 2004, Seite V]. Im Gegensatz zur objektorientierten Softwareentwicklung sind die zentralen Entitäten keine Objekte, sondern *Agenten*. Ergebnis der AOSE sind einzelne Software-*Agenten* oder ganze *Multiagentensysteme*.

Agentenspezifikationen Eine Agentenspezifikationen gibt an, aus welchen *Rollen* sich ein Agent aggregieren lässt.

AnalyseanwenderIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle DatenanalytikerIn* dar. Auf der Basis der interpretierten Analyseergebnisse erzeugt sie Anpassungsvorschläge für die betreffende und/oder zukünftige Lehrveranstaltung.

AnalyseevaluatorIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle DatenanalytikerIn* dar. Sie bewertet die von der *DatenvisualisiererIn* durchgeführten Analysen und Modellierungen der Daten. Sie formuliert notwendige Anpassungen an den Analyseprozess und interpretiert die Analyseergebnisse in dem Kontext der betreffenden Lehrveranstaltung.

AnalytikerIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen* *Veranstaltende* und *Teilnehmende* beitragen. Sie unterstützt die anderen *Rollen* mit der Durchführung von Analysen im Rahmen der Lehrveranstaltung. Diese Analysen können z. B. durch Umfragen oder auf der Grundlage von aufgezeichneten Daten durchgeführt werden. Andere Rollen können dadurch einen Informationsgewinn erhalten, den sie zur Reflexion von abgeschlossenen oder zur Planung weiterer Handlungen nutzen können.

Angestellter Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikation* *Veranstaltende* beitragen. In ihren Bereich fällt

die Erfüllung von vertraglichen Anforderungen, Richtlinien und Regeln zu befolgen und umzusetzen, um persönliche, organisationale, soziale und gesellschaftliche Ziele zu erreichen. *Agenten*, welche die Rolle AngestellteR innehaben, haben einen Arbeitsvertrag mit dem Bildungsinstitut.

Anonymisierung Der Vorgang der Anonymisierung bezeichnet die Veränderung von Daten in dem Maße, dass diese nur mit einem unverhältnismäßig großem Aufwand einer natürlichen Personen zugeordnet werden kann.

Die Anonymisierung ist im Kontext dieser Arbeit als Maßnahme des Datenschutzes zu werten.

Anwendungsfallversteherin Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle DatenanalytikerIn* dar. Sie ist für die Annahme des Analyseauftrags von anderen Rollen zuständig. Sie versucht, die Ziele der Rollen zu verstehen, die mit der Durchführung einer Analyse erreicht werden sollen und setzt diese in den Kontext der betreffenden Lehrveranstaltung. Daraufhin formuliert sie präzise Analysefragen, die den weiteren Analyseprozess maßgeblich prägen.

AOSE-Lehrveranstaltungen AOSE steht für *agentenorientierte Softwareentwicklung*. Dies ist die Bezeichnung für eine der beiden Lehrveranstaltungen, die im Kontext dieser Arbeit häufiger begleitet wurden. Sie wird als Bachelor-Praktikum und als Bachelor- und Master-Projekt mit integriertem Seminar angeboten. Themenschwerpunkt ist die verteilte Softwareentwicklung im Team. Inhaltlich wird die agentenorientierte Softwareentwicklung gelehrt und weiterentwickelt.

In dieser Arbeit zählt eine AOSE-Lehrveranstaltung zu den *projektbasierten Lehrveranstaltungen*.

BDI-Agent BDI steht für „belief“, „desire“ und „intention“. Die Interna eines BDI-Agenten werden als Wissen, Wünsche (Ziele) und Absichten (Lösungsansätze) spezifiziert. Auf dieser Grundlage wählt ein BDI-Agent seine Aktivitäten und kann sowohl proaktives als auch reaktives Verhalten zeigen.

BeobachterIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle AnalytikerIn* dar. Sie fügt der *AnalytikerIn* Fähigkeiten zum Beobachten der real-weltlichen und technischen Umgebung hinzu.

BeteiligteR Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen* *Veranstaltende* und *Teilnehmende* beitragen. Sie dient als Zwischenstufe und bündelt die *Rollen*, von denen sie erben kann (*LehrerIn*, *LernerIn*, *ProjektmanagerIn*, *AdministratorIn*, *AnalytikerIn*, *KooperateurIn*). Sie wird dazu genutzt, die Schnittmenge der *Rollen*, aus denen die *Agentenspezifikationen* *Veranstaltende* und *Teilnehmende* aggregiert werden können, zusammenzufassen.

Business Intelligence (BI) Der BI Begriff wird in der Literatur in unterschiedlichen Varianten definiert [Vizgaitytė und Skyrius 2012]. Im Kontext dieser Arbeit wird der Begriff im Allgemeinen „als Prozess zur Überführung von Daten in entscheidungsrelevante Informationen“ [Baars und Kemper 2021, S. 2] verstanden. BI bezeichnet in dieser Arbeit die Analyse und Visualisierung von vorverarbeiteten Daten und schließt nicht z. B. die Datenaufzeichnung, -extraktion, -bereinigung und -bereitstellung mit ein. Zwar werden all diese Tätigkeiten im Rahmen dieser Arbeit vollzogen, jedoch sind sie losgelöst von dem BI Einsatz zu betrachten.

Cluster Das Konzept Cluster wird in dieser Arbeit verwendet, um die Struktur auf der obersten Ebene des hier entwickelten *LLUA*-Rahmenwerks zu beschreiben. Das *LLUA*-Rahmenwerk besteht demnach auf der obersten Ebene aus Clustern, welche in einzelne *Module* gegliedert sind.

Commit Als Commit wird die Erfassung eines Zustands von Dokumenten oder Dateien in einem *Versionskontrollsystem* bezeichnet – also die Erfassung einer bestimmten Version. Ein Commit beinhaltet i. d. R. eine textuelle Beschreibung der Änderungen, die durch ihn eingeführt werden. Der Zustand der Dokumente oder Dateien kann auf den Zeitpunkt eines Commits (zurück)gesetzt werden.

Container Im Gegensatz zu einer *virtuellen Maschine*, verfügt ein *Container* nicht über ein vollständiges Betriebssystem, sondern teilt sich den *Kernel* mit dem des Hosts. Er kann z. B. weitere Software beinhalten, die zur Ausführung einer bestimmten Softwareanwendung nötig ist.

Dashboard Als Dashboard werden in dieser Arbeit Zusammenstellungen von Datenanalysen bezeichnet, die gemeinsam einem größeren Ziel bzw. Informationsgewinn dienen.

Data Warehouse (DWH) Ein DWH stellt eine spezielle Form der Sammlung von Daten dar. Es bietet eine multi-dimensionale Sicht auf die operativen Daten und i. d. R. verfügt es über Fähigkeiten die Dimensionen hinsichtlich verschiedener Detailebenen zu betrachten und zu filtern. Eine Dimension nach unten hin aufzuboahren wird als „drill-down“ bezeichnet. Die Daten entlang einer Dimension zu vergrößern, wird „roll-up“ genannt [Taniar und Rahayu 2022].

In dieser Arbeit wird ein DWH aufgebaut, welches neben einer Datenbank auch aus einem Dateispeicher besteht.

Datenanalyse Disziplin Eine Art und Weise Daten hinsichtlich zu gewinnender Informationen zu untersuchen.

Datenanalyseprozess Ein solcher Prozess beschreibt die einzelnen Schritte von der Aufzeichnung der Daten bis zum gewinnbringenden Einsatz der aus den Analysen gewonnenen Informationen. Im Verständnis dieser Arbeit besteht ein solcher Prozess grundlegend aus den folgenden sechs Schritten:

1. Formulierung und Präzisierung der Fragestellung
2. Erforschung und Aufzeichnung benötigter Daten
3. Vorverarbeitung der Daten
4. Analysieren der Daten
5. Evaluation und Interpretation der Analysen
6. Kommunikation der Ergebnisse

DatenanalytikerIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle AnalytikerIn* dar. Sie erweitert die *AnalytikerIn* um Fähigkeiten, durch die Analyse von Daten Informationen zu gewinnen. Die DatenanalytikerIn verfügt außerdem über weitere Subrollen: *AnwendungsfallverstherIn*, *DatenverstherIn*, *DatenintegratorIn*, *DatenvisualisiererIn*, *AnalyseevaluatorIn* und *AnalyseanwenderIn*.

DatenintegratorIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle DatenanalytikerIn* dar. Sie ist für die (technische) Umsetzung geeigneter *ETL-Prozesse* (für die von der *AnwendungsfallverstherIn* formulierten Analysefragen und von der *DatenverstherIn* ausgewählten Datenbestände) verant-

wortlich. Sie sorgt außerdem für die Datenvorverarbeitung und somit z. B. auch für die Datenfehlerkorrektur, die Datenbereinigung und die notwendige *Pseudo-* und *Anonymisierung* der Daten, um die Persönlichkeitsrechte der *Agenten* zu wahren.

Datenversteherin Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle DatenanalytikerIn* dar. Vor dem Hintergrund der von der *Anwendungsfallversteherin* formulierten Analysefragen, begutachtet und bewertet sie die zur Verfügung stehenden Datenbestände und wählt die zu verwendenden Daten aus. Darüber hinaus identifiziert sie fehlende oder hilfreiche Daten und entwickelt Konzepte, wie diese aufzuzeichnen wären. Außerdem fällt die Vorbereitung für die Pseudonymisierung und Anonymisierung der Daten – genannt Risikoanalyse – und die Bereinigung der Daten in ihren Tätigkeitsbereich.

DatenvisualisiererIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle DatenanalytikerIn* dar. Sie führt die Analyse der Daten durch, die von der *DatenintegratorIn* bereitgestellt wurden. In diesem Zuge wählt sie adäquate Analyse- und Visualisierungstechniken aus.

Datenvorverarbeitung Die Datenvorverarbeitung ist Teil des *Datenanalyseprozesses* und umfasst im Kontext dieser Arbeit die Untersuchung der benötigten Daten auf Risiken, welche den Datenschutz oder die Persönlichkeitsrechte gefährden könnten, die Extraktion der Daten aus den Datenquellen, die Bereinigung und Transformation der Daten sowie das Sammeln der Daten in einem *Data Warehouse*.

Docker Docker bzw. die Docker Engine ist eine Möglichkeit, *Container* auf einem *Host* auszuführen.

Docker-Container Ist eine spezielle Form eines *Container*, der mit Hilfe der *Docker* Engine ausgeführt wird.

Docker-Image Ist eine spezielle Form eines *Image*, von dem aus ein *Docker-Container* gestartet werden kann. Ein Docker-Image kann auf der Grundlage eines „Dockerfiles“ erzeugt werden.

Docker-Stack Als Docker-Stack wird die Kopplung mehrere *Docker-Container* bezeichnet, die z. B. gemeinsam ein Ziel erfüllen oder sinnvoll zusammen kombiniert werden können. Ein Beispiel ist eine Softwareanwendung und ihre Datenbank, die beide in unterschiedlichen *Containern* ausgeführt werden können. Ein Docker-Stack kann z. B. mittels eines „Docker Compose File“ definiert und konfiguriert werden.

Educational Data Mining (EDM) EDM ist eine Disziplin im Kontext der Analyse von Bildungsdaten. Ihr Fokus liegt dabei weniger auf dem Einsatz der Datenanalyseergebnisse. In EDM wird vermehrt nach neuen Mustern in Daten gesucht und neue Modelle und Algorithmen entwickelt.

ETL-Prozess ETL steht für „extract“, „transform“ und „load“ – also das Extrahieren von Daten aus Datenquellen, das Transformieren von Daten in geeignete und bereinigte Formen sowie das Laden von Daten in eine oder mehrere adäquate Datensammlungen, wie z. B. ein *Data Warehouse*. Zur Unterstützung können für einen solchen Prozess spezielle Softwarewerkzeuge eingesetzt werden [Runkler 2016].

Event Mit dem Begriff „Event“ wird im Kontext dieser Arbeit keine Zeitspanne (wie z. B. eine Feierlichkeit oder ein Konzert) sondern das Vorkommen einer bestimmten Gegebenheit zu einem genauen Zeitpunkt beschrieben. Events können z. B. in Maschinen, Informationssystemen, Krankenhäusern, sozialen Netzwerken und Transportsystemen erfolgen.

Event Log Als *Event Log* wird eine Sammlung an Eventdaten bezeichnet, die z. B. alle *Events* einer Kundengruppe oder eines Teams beinhaltet [Aalst 2016].

Exemplarische Lehr- Lern- und Analyseumgebung (LLuA) Mit dem Präfix „exemplarisch“ wird die in dieser Arbeit konkret entwickelte LLUA bezeichnet. Diese wurde genutzt, um die Konzepte des LLUA-Rahmenwerks zu erproben, zu evaluieren und weiter auszuarbeiten. Dazu wurde sie in mehreren *PM/DA*- und *AOSE-Lehrveranstaltungen* eingesetzt.

FragerIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Datenanalyse und stellt eine Verfeinerung der *Rolle AnalytikerIn* dar. Zur Erreichung des Ziels der *AnalytikerIn*, Informationen durch die Durchführung von Analysen zu gewinnen, kann sie *Agenten* direkt befragen sowie Umfragen oder Abstimmungen durchführen.

Host Ist ein Computer, der etwaige Dienste anbietet.

Image Ein Image ist die Kopie bzw. ein Archiv eines digitalen Speichermediums. Es kann z. B. als Installationsmedium verwendet werden. Außerdem können *virtuelle Maschinen* oder *Container* ausgehend von einem Image erzeugt werden.

Interaktion Das Zusammenspiel von *Rollen* (und mit der sie ausführenden *Agenten*) in Zusammenhang mit einem Auslöser.

Issue Ein Issue repräsentiert in einem *Issue Tracking System* z. B. eine Anfrage oder eine Aufgabe. Es kann u. a. einem *Projekt*, einem Team und einer Person zugeordnet werden. Ein Issue kann unterschiedliche Status haben, die z. B. den Bearbeitungsfortschritt anzeigen.

Issue Tacking System (ITS) Ein ITS ist eine Software, die dazu dient, Anfragen und Aufgaben – die Issues – strukturiert zu verwalten. In der Informatik werden solche Systeme u. a. in der Softwareentwicklung eingesetzt, um die Kooperation der EntwicklerInnen zu unterstützen.

Kernel Der *Kernel* ist der Kern eines Betriebssystems. Unter anderem vermittelt dieser zwischen Hardware- und Softwarekomponenten.

KooperateurIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen* *Veranstaltende* und *Teilnehmende* beitragen. Die Eigenschaften von *Agenten* der Kommunikation, Kooperation und Kollaboration werden von ihr verfeinert. Ihre Ziele sind es, mit anderen *Agenten* zu kooperieren und zu kollaborieren, um z. B. Lösungen für gemeinsame Aufgaben zu erarbeiten.

Learning Analytics (LA) „Learning Analytics [sammelt und] verwendet statisch und dynamisch generierte Daten von Lernenden und Lernumgebungen, um diese [...] zu analysieren und zu visualisieren, mit dem Ziel der Modellierung und Optimierung von Lehr-Lernprozessen und Lernumgebungen“ (übernommen, übersetzt und abgewandelt aus [Ifenthaler und Drachsler 2020], ursprünglich aus [Ifenthaler und Widanapathirana 2014]).

LA ist eine Disziplin zur Analyse von Bildungsdaten.

Learning Management System (LMS) Ein LMS ist eine webbasierte Softwareanwendung, die zur Organisation, Speicherung und Bereitstellung von Lehr- und Lerninhalten sowie ergänzenden Materialien für das digitale Lernen eingesetzt wird. Diese Materialien können z. B. Grafiken, eBooks, PDFs, Vorlesungsfolien sowie Audio- und

Videodateien sein. Der Zugang erfolgt über einen Webbrowser, einige LMS bieten jedoch auch mobile Apps an [Sims 2021].

Lehr- Lern- und Analyseumgebung (LLUA) Eine LLUA ist eine technische Umgebung, mit deren Hilfe das Lehren, das Lernen und die Analyse von *projektbasierten Lehrveranstaltungen* unterstützt werden kann. Mit Hilfe des LLUA-Rahmenwerks kann eine LLUA entwickelt, betrieben, genutzt und gewartet werden.

LehrerIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen VeranstalterIn* und *Teilnehmende* beitragen. Sie will *Agenten* neues Wissen vermitteln und neue Fähigkeiten beibringen. Dazu präsentiert sie z. B. Informationen und steht als AnsprechpartnerIn für Hilfestellungen bei der Bearbeitung von Lehr- und Lern-Aufgaben zur Verfügung. Durch sie werden konkrete Lehrveranstaltungen umgesetzt.

LernerIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen VeranstalterIn* und *Teilnehmende* beitragen. Ihre Aufgabe ist es, sich neues Wissen und neue Fähigkeiten anzueignen.

Massive Open Online Course (MOOC) Ein MOOC ist ein digitaler Kurs, der über das Internet – also online – einer großen TeilnehmerInnenzahl zur Verfügung gestellt wird. Über die eingesetzte technische Plattform werden die Lehr- und Lernmaterialien bereitgestellt und ggf. soziale Interaktionen ermöglicht.

Modul Das Konzept Modul wird in dieser Arbeit dazu verwendet, die Interna der einzelnen *Cluster* des LLUA-Rahmenwerks zu strukturieren. Diese bilden somit die zweite strukturelle Ebene des Rahmenwerks.

MULAN-Agent MULAN steht für „Multi-Agent Nets“. Die Interna eines MULAN-Agenten werden als Wissensbasis, Entscheidungskomponenten (internes Verhalten) und Protokolle (externes Verhalten) spezifiziert. Ein MULAN-Agent kommuniziert mit seiner Umwelt mittels Nachrichtenaustausch. Auf Grundlage der Wissensbasis entscheidet ein MULAN-Agent ob und wenn ja, mit welchem Protokoll er auf eingehende Nachrichten reagiert. Die Protokolle beschreiben die möglichen Abläufe der Interaktionen mit seiner Umwelt sowie die möglichen auszutauschenden Daten. Der Inhalt einer Reaktion wird durch die Wissensbasis und die Entscheidungskomponenten bestimmt. Ausgehend von den Entscheidungskomponenten können MULAN-Agenten außerdem proaktives Verhalten zeigen.

MULAN-Architektur Die Architektur besteht aus den vier geschachtelten Ebenen: Infrastruktur, Agentenplattform, *Agent* und Protokoll (bzw. Agenteninterna). Mittels der Infrastruktur kann zwischen Agentenplattformen kommuniziert werden, die *Agenten* beinhalten, für die sie die Kommunikation realisieren. Die Agenteninterna bestimmen das interne sowie externe Verhalten der Agenten (siehe auch *MULAN-Agent*). Dies entspricht einer Schachtelung von Systemen-in-Systemen. Mittels dieser Perspektive werden in MULAN die Beziehungen der in Relation zueinander gesetzten Entitäten beschrieben. Das heißt, dass die betrachtete Granularität eines Systems von der Betrachtungsebene abhängt. Demnach kann z. B. die Agentenplattform ebenfalls ein Agent sein, welcher weitere Agenten beinhaltet und für diese u. a. Schnittstellen für Kommunikationsmechanismen bereitstellt.

MULAN/CAPA-Rahmenwerk MULAN (Multi-Agent Nets) ist der zentrale Ansatz für die Modellierung von *Agenten* und *Multiagentensystemen* im Kontext dieser Arbeit. Unter CAPA (*Concurrent Agent Platform Architecture*) [Duvigneau 2002] wird eine

partielle Neuimplementierung der bis dato eingesetzten MULAN-Agentenplattform (siehe *MULAN-Architektur*) verstanden. CAPA dient der Realisierung der verteilten Kommunikation auf Basis des FIPA™-Standards. Aus diesem Grund wird auch vom MULAN/CAPA-Rahmenwerk gesprochen, mittels dessen *Multiagentensysteme* entwickelt und implementiert werden können (vgl. [Cabac 2010]).

Multiagentensystem (MAS) Unter einem MAS wird ein System verstanden, in dem mehrere *Agenten* miteinander interagieren und kommunizieren. Die in dieser Arbeit betrachteten und entwickelten MAS folgen dem Vorbild des *MULAN/CAPA-Rahmenwerks*.

PAOSE-Ansatz PAOSE steht für „Petrinetz-, Agenten- und Organisationsorientierte Softwareentwicklung“. Im Kern dient dieser Ansatz der ganzheitlichen Behandlung und Entwicklung komplexer Systeme und Anwendungen mittels des Multiagentenparadigmas, insbesondere auf Basis des *MULAN/CAPA-Rahmenwerks*. Der PAOSE-Ansatz ist als ein Softwareentwicklungsansatz zu verstehen und als ein solcher einzusetzen. Dieser wird in den *AOSE-Lehrveranstaltungen* gelehrt, eingesetzt und weiterentwickelt.

Petrinetze Ist ein Formalismus, mit dem sich nebenläufige Prozesse definieren lassen. Besonderheit ist, dass sich mit diesem sowohl anschauliche als auch verifizierbare Modelle eines Systems modellieren lassen.

PM/DA-Lehrveranstaltungen PM steht für *Process Mining* und DA für *Data Analytics*. Dies ist die Bezeichnung für die Lehrveranstaltung die im Kontext dieser Arbeit entwickelt und mehrfach durchgeführt wurde. Sie wurde als Bachelor-Praktikum angeboten. Themenschwerpunkt ist die Analyse von Daten mittels *Business Intelligence* und *Process Mining* im Team. Inhaltlich wird der gesamte *Datenanalyseprozess* gelehrt (siehe auch *Vorgehensmodell*).

In dieser Arbeit zählt eine PM/DA-Lehrveranstaltung zu den *projektbasierten Lehrveranstaltungen*.

Praktikum (universitäre Lehrveranstaltung) „Die Studierenden besitzen grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten zur praktischen Konstruktion konkreter Software im Rahmen einer anspruchsvollen Aufgabenstellung. Sie sind in der Lage, die konkreten Arbeitsschritte der Softwareentwicklung im Team zu planen und zu koordinieren und verfügen damit über allgemeine berufsbefähigende Kompetenzen. Sie können Methoden der Softwaretechnik mit Fachinhalten weiterer Informatik-Lehrgebiete verknüpfen.“ [Universität Hamburg 2019, S. 9].

In einigen Veranstaltungen werden die Themen nicht auf die Softwareentwicklung, sondern auch auf andere Bereiche der Informatik ausgerichtet. Die Kooperation der Personen und Teams kann sowohl räumlich als auch zeitlich verteilt erfolgen.

Process Mining (PM) PM ist eine *Datenanalyse Disziplin*. Die grundlegende Idee von PM ist es, reale Prozesse zu entdecken, zu überwachen und zu überarbeiten, indem das Wissen über die Prozesse aus *Event Logs* extrahiert wird [Aalst 2016].

Projekt (in der Wirtschaft o. ä.) „Ein Projekt ist ein einmaliges, bereichsübergreifendes, zeitlich begrenztes, zielgerichtetes und interdisziplinäres Vorhaben, das so wichtig, kritisch und dringend ist, dass es nicht in der bestehenden Linienorganisation bearbeitet werden kann, sondern besondere organisatorische Rahmenbedingungen erfordert.“ [Kuster u. a. 2022, S. 4]

Projekt (universitäre Lehrveranstaltung) „Die Studierenden besitzen grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten zur praktischen Konstruktion konkreter Software im Rahmen einer anspruchsvollen Aufgabenstellung. Sie sind in der Lage, die konkreten Arbeitsschritte der Softwareentwicklung im Team zu planen und zu koordinieren und verfügen damit über allgemeine berufsbefähigende Kompetenzen. Sie können Methoden der Softwaretechnik mit Fachinhalten weiterer Informatik-Lehrgebiete verknüpfen.“ [Universität Hamburg 2019, S. 9]

In einigen Veranstaltungen werden die Themen nicht auf die Softwareentwicklung, sondern auch auf andere Bereiche der Informatik ausgerichtet. Die Kooperation der Personen und Teams kann sowohl räumlich als auch zeitlich verteilt erfolgen.

Projektbasierte Lehrveranstaltung Ist ein Oberbegriff für Lehrveranstaltungen, die praxisorientierte, kooperative, kollaborative und verteilte Charakteristika aufweisen, der in dieser Arbeit geprägt wurde.

Projektmanagementumgebung (PMU) Eine einfache PMU kann z. B. vorrangig ein Selbstmanagementwerkzeug sein (vgl. [Madauss 2020]). Eine komplexe PMU besteht aus einer Vielzahl technischer Komponenten, welche dazu eingesetzt werden, Projekte zu planen, durchzuführen und zu überwachen. Solche PMUs werden dazu entwickelt „Aufgaben, Termine, Kapazitäten und Kosten sowie Risiken und weitere Aspekte von einzelnen Projekten darstellen [zu] können“ [Madauss 2020, S. 652]. Einige PMUs bieten die Möglichkeit, das Management dieser Gesichtspunkte nicht nur für ein Projekt, sondern auch projektübergreifend durchzuführen.

ProjektmanagerIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen VeranstalterIn* und *Teilnehmende* beitragen. Sie will einen reibungslosen Ablauf der Lehrveranstaltung herbeiführen und dazu *Agenten* und Tätigkeiten koordinieren.

Prozess der Abbildung Dieser Prozess beschreibt die Abbildung einer *projektbasierten Lehrveranstaltung* auf *Multiagentensysteme* nach der *systematischen Betrachtung*. Dazu beschreibt er die drei Phasen „Modellierung der menschlichen Umgebung“, „Modellierung der technischen Umgebung“ und „Integration der Modelle und Weiterentwicklung beider Umgebungen“ sowie auf welche Weise diese zueinander in Beziehung stehen.

PrüferIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikation VeranstalterIn* beitragen. Sie will das Erreichen von Leistungsniveaus sicherstellen. Dazu formuliert sie Rahmenbedingungen und Anforderungen. Sie benotet die (Teil-)Ergebnisse der Agenten mit möglichst objektiven Maßstäben und legt die Endnoten fest. Dadurch entscheidet sie über Bestehen und Nichtbestehen der Agenten der Lehrveranstaltung.

Prüfling Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikationen Teilnehmende* beitragen. Ihr Ziel ist es, die Lehrveranstaltung zu bestehen und – in Abhängigkeit des investierten Arbeitsaufwands – eine zufriedenstellende Note zu erhalten.

Pseudonymisierung Der Vorgang der Pseudonymisierung bezeichnet die Veränderung von Daten in dem Maße, dass Identifikationsmerkmale durch ein Pseudonym ersetzt werden. Dadurch soll ebenfalls, wie bei der *Anonymisierung*, die Zuordnung von Daten zu natürlichen Personen verhindert bzw. erschwert werden. Vorteil gegenüber der *Anonymisierung* ist, dass mittels einer geeigneten Pseudonymisierung Beziehungen zwischen Datensätzen konserviert werden können.

Die Anonymisierung ist im Kontext dieser Arbeit als Maßnahme des Datenschutzes zu werten.

Rahmenwerk Ein Ordnungsrahmen, der notwendige und hilfreiche Konzepte, Vorgehensweisen, Informationen, Hilfestellungen und technische Artefakte bündelt sowie miteinander integriert.

Rolle *Agenten* können entsprechend ihrer *Agentenspezifikationen* aus unterschiedlichen Rollen geformt werden. Die Rollen geben u. a. ihre Ziele, Lösungsstrategien, ihre angebotenen und nutzenden Dienste sowie ihr Wissen vor. Das Zusammenspiel der Rollen eines *Multiagentensystems* wird mittels *Interaktionen* beschrieben.

Softwarerepository Ist eine spezielle Variante eines *Versionskontrollsystems*. Wird zur Versionierung von Programmcode verwendet.

Soziales Netzwerk Im Kontext dieser Arbeit wird mit dem Begriff z. B. keine webbasierte Plattform bezeichnet, auf der sich Gemeinschaften finden können, sondern die visuelle Darstellung von Beziehungen zwischen *Agenten* bzw. Personen. Solche sozialen Netzwerke können u. a. mit dem sogenannten „Social Mining“, das eine Subform des *Process Minings* darstellt, gewonnen werden.

Systematische Betrachtung Im Kontext dieser Arbeit werden *projektbasierte Lehrveranstaltungen* systematisch als *Multiagentensysteme* betrachtet. Dazu wird eine Abbildung von *projektbasierten Lehrveranstaltungen* auf *Multiagentensysteme* durchgeführt. In diesem Zuge werden *Agentenspezifikationen* und *Rollen* definiert. Diese systematische Betrachtung dient als analytisches Mittel, auf dessen Basis die menschliche und die ggf. bereits vorhandene technische Umgebung untersucht und modelliert werden können, z. B. Definition von Rollen, Diensten, Angebots- und Nutzungsbeziehungen.

Teilnehmende Als Teilnehmende werden in dieser Arbeit die Studierenden in Lehrveranstaltungen bezeichnet. Neben diesem natürlichsprachlichen Verständnis, sind Teilnehmende im Zuge der *systematischen Betrachtung* auch als eine *Agentenspezifikation* aufzufassen, welche wiederum von Studierenden ausgelebt werden kann. Ein solcher Agent kann aus den Rollen *BeteiligteR* und *Prüfling* aggregiert werden.

Ticket siehe *Issue*

Veranstaltende Als Veranstaltende werden in dieser Arbeit die Dozierenden, Lehrbeauftragte und Hilfskräfte in Lehrveranstaltungen bezeichnet. Neben diesem natürlichsprachlichen Verständnis, sind Veranstaltende im Zuge der *systematischen Betrachtung* auch als eine *Agentenspezifikation* aufzufassen, welche wiederum von Dozierenden, Lehrbeauftragten und Hilfskräften ausgelebt werden kann. Ein solcher Agent kann aus den Rollen *VeranstaltungsentwicklerIn*, *PrüferIn*, *AngestellteR* und *BeteiligteR* aggregiert werden.

VeranstaltungsentwicklerIn Dies ist eine *Rolle* im Kontext der Lehre und des Lernens und kann zur Formung der *Agentenspezifikation* *Veranstaltende* beitragen. Ihre Aufgaben sind die Festlegung der Ausrichtung einer Lehrveranstaltung, die Zusammenstellung der Lerninhalte und -materialien sowie deren Strukturierung. Sie erstellt neue oder überarbeitet und verbessert vorhandene Lehrveranstaltungen.

Versionskontrollsystem (VCS) Ein VCS dient dazu, unterschiedliche Versionen von Dokumenten oder Dateien zu verwalten. Die Versionen erhalten einen Zeitstempel und

können später wiederhergestellt werden. Zum Beispiel werden VCS in der Softwareentwicklung eingesetzt, um unterschiedliche Versionen des Programmcodes zu verwalten und Änderungen nachverfolgen zu können.

Virtuelle Maschine (VM) Eine VM ist ein Gastsystem inkl. vollständigem Betriebssystem, das auf einem *Host* ausgeführt wird. Sie stellt eine Abstraktion der physikalischen Hardware dar und teilt sich die Ressourcen mit dem *Host* und ggf. anderen VMs, die auf dem gleichen *Host* ausgeführt werden.

Vorgehensmodell (für die Datenanalyse) Im Allgemeinen wird mit einem Vorgehensmodell eine systematische und strukturierte Weise beschrieben, eine bestimmte Aufgabe oder Tätigkeit durchzuführen. Im Kontext dieser Arbeit wird der Begriff „Vorgehensmodell“ meistens im Zusammenhang mit dem hier entwickelten Vorgehensmodell für die Datenanalyse verwendet. Dieses beschreibt einzelne Tätigkeitsblöcke, die in dem gesamten *Datenanalyseprozess* in *projektbasierten Lehrveranstaltungen* berücksichtigt werden sollten, ordnet diese prozessorientiert an und definiert ihre Beziehungen. Außerdem werden den einzelnen Tätigkeitsblöcken die in dieser Arbeit definierten *Rollen* sowie die erarbeiteten *Module* des *Clusters* „Unterstützung der Datenanalysen“ des *LLUA*-Rahmenwerks zugeordnet.

Abkürzungsverzeichnis

AD	Active Directory
AOSE	agentenorientierte Softwareentwicklung
AOSE22WS	Lehrveranstaltung, Bachelor- und Masterprojekt: „Kollaborative verteilte Software-Entwicklung“, im Wintersemester 2022/23 an der Universität Hamburg
BBB	BigBlueButton
BI	<i>Business Intelligence</i>
CAPA	<i>Concurrent Agent Platform Architecture</i>
CMS	Content Management Systeme
DA	<i>Data Analytics</i>
DA22	Lehrveranstaltung, Bachelorpraktikum: „Data Analytics mittels Process Mining und Business Intelligence im universitären Kontext“, im Sommersemester 2022 an der Universität Hamburg
DAK	Datenanalysekontext
DLAIS	<i>Designing Learning Analytics Information Systems</i>
DS-GVO	Datenschutzgrundverordnung
DWH	<i>Data Warehouse</i>
EDM	<i>Educational Data Mining</i>
EML	<i>Educational Modelling Language</i>
EPM	<i>Educational Process Mining</i>
ETL	<i>Extract, Transform, Load</i>
GDPR	<i>General Data Protection Regulation</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IFLA	<i>Integrated Framework for Learning Analytics</i>
ITS	<i>Issue Tracking System</i>
LA	<i>Learning Analytics</i>

LAIS	<i>Learning Analytics Information Systems</i>
LAP	<i>Learning Analytics Platform</i>
LAPS	Learning Analytics für Prüfungsleistungen und Studienerfolg
LMS	<i>Learning Management Systems</i>
LLUA	Lehr-, Lern- und Analyseumgebung
MAS	Multiagentensystem
MULAN	<i>Multi-Agent Nets</i>
NFS	<i>Network File Storage</i>
PAOSE	Petrinetz-, Agenten- und Organisationsorientierte bzw. -basierte Softwareentwicklung
PDI	<i>Pentaho Data Integration</i>
PM	<i>Process Mining</i>
PMBOK	<i>The Project Management Body of Knowledge</i>
PMU	Projektmanagementumgebung
RDD	<i>Roles/Dependencies Diagram</i>
SLE	<i>Social Learning Environments</i>
TA	<i>Teaching Analytics</i>
TADS	<i>The Art of Data Science</i>
UCD	Use Case Diagramm
VCS	Versionskontrollsystem
VM	virtuelle Maschine
VMDA	Vorgehensmodell für die Datenanalyse

Veröffentlichungen des Autors

2011

Schmitz, Dennis [2011]. „Honeypots: Möglichkeiten und Grenzen“. Bachelorarb. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik

2015

Schmitz, Dennis und Cabac, Lawrence [2015]. „Process-oriented Worksheets for the Support of Teaching Projects“. In: *Petri Nets and Software Engineering. International Workshop, PNSE'15, Brussels, Belgium, June 22-23, 2015. Proceedings*. Hrsg. von Moldt, Daniel; Rölke, Heiko und Störrle, Harald. Bd. 1372. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 319–320. URL: <http://CEUR-WS.org/Vol-1372>

2016

Schmitz, Dennis [Feb. 2016]. „Neugestaltung von Lernmaterialien zur Unterstützung der Lehrenden und Lernenden in der petrinetzbasierten und agentenorientierten Softwareentwicklung“. Masterarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik

Schmitz, Dennis; Moldt, Daniel; Cabac, Lawrence; Mosteller, David und Haustermann, Michael [2016]. „Utilizing Petri Nets for Teaching in Practical Courses on Collaborative Software Engineering“. In: *16th International Conference on Application of Concurrency to System Design, ACSD 2016, Toruń, Poland, June 19-24, 2016*. Hrsg. von Desel, Jörg und Yakovlev, Alex. IEEE Computer Society, S. 74–83. DOI: 10.1109/ACSD.2016.21

2017

Möller, Pascale; Haustermann, Michael; Mosteller, David und Schmitz, Dennis [2017]. „Simulating Multiple Formalisms Concurrently Based on Reference Nets“. In: *Petri Nets and Software Engineering. International Workshop, PNSE'17, Zaragoza, Spain, June 25-26, 2017. Proceedings*. Hrsg. von Moldt, Daniel; Cabac, Lawrence und Rölke, Heiko. Bd. 1846. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 137–156. URL: <http://CEUR-WS.org/Vol-1846/>

Wagner, Thomas; Schmitz, Dennis und Moldt, Daniel [2017]. „Paffin: Implementing an Integration of Agents and Workflows“. In: *Multi-Agent Systems and Agreement Technologies - 14th European Conference, EUMAS 2016, and 4th International Conference, AT 2016,*

Valencia, Spain, December 15-16, 2016, Revised Selected Papers. Hrsg. von Pacheco, Natalia Criado; Carrascosa, Carlos; Osman, Nardine und Inglada, Vicente Julián. Bd. 10207. LNCS. Springer, S. 67–75. ISBN: 978-3-319-59293-0. DOI: 10.1007/978-3-319-59294-7_7

2018

Möller, Pascale; Haustermann, Michael; Mosteller, David und Schmitz, Dennis [2018]. „Model Synchronization and Concurrent Simulation of Multiple Formalisms Based on Reference Nets“. In: *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency XIII*. Lecture Notes in Computer Science 13. Hrsg. von Koutny, Maciej; Kristensen, Lars Michael und Penczek, Wojciech, S. 93–115. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-662-58381-4_5

Moldt, Daniel u. a. [2018]. „Some Ideas for Modeling a Generic IoT- and Edge-Computing Architecture“. In: *Algorithms and Tools for Petri Nets, Proceedings of the 21th Workshop AWPN 2018, Augsburg, Germany*. Hrsg. von Lorenz, Robert und Metzger, Johannes. Reports / Technische Berichte der Fakultät für Angewandte Informatik der Universität Augsburg 2018-02, S. 33–40. URL: <https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/41861>

Mosteller, David; Haustermann, Michael; Moldt, Daniel und Schmitz, Dennis [2018]. „Graphical Simulation Feedback in Petri Net-based Domain-Specific Languages within a Meta-Modeling Environment“. In: *Petri Nets and Software Engineering. International Workshop, PNSE'18, Bratislava, Slovakia, June 25-26, 2018. Proceedings*. Hrsg. von Moldt, Daniel; Kindler, Ekkart und Rölke, Heiko. Bd. 2138. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 56–75. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2138/>

Schmitz, Dennis; Moldt, Daniel; Haustermann, Michael; Mosteller, David und Röder, Christian [2018]. „Team Coordination Based on Causal Nets with Synchronous Channels“. In: *18th International Conference on Application of Concurrency to System Design, ACSD 2018, Bratislava, Slovakia, June 27-29, 2018*. IEEE Computer Society, S. 60–69. ISBN: 978-1-5386-7013-2. DOI: 10.1109/ACSD.2018.00009

Schmitz, Dennis und Moldt, Daniel [2018]. „Ein Lehr- und Lernkonzept für die Softwareentwicklung im Team“. In: *Hochschuldidaktik der Informatik - HDI 2018 - 8. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik, Frankfurt, Germany, September 12-13, 2018*. Hrsg. von Bergner, Nadine; Röpke, René; Schroeder, Ulrik und Krömker, Detlef. Universitätsverlag Potsdam, S. 63–78. ISBN: 978-3-86956-435-7

2019

Mosteller, David; Haustermann, Michael; Moldt, Daniel und Schmitz, Dennis [2019]. „Integrated Simulation of Domain-Specific Modeling Languages with Petri Net-Based Transformational Semantics“. In: *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency XIV*. Hrsg. von Koutny, Maciej; Pomello, Lucia und Kristensen, Lars Michael. Bd. 14. Lecture Notes in Computer Science. Springer, S. 101–125. ISBN: 978-3-662-60650-6. URL:

https://doi.org/10.1007/978-3-662-60651-3_4

Simon, Michael; Moldt, Daniel; Schmitz, Dennis und Haustermann, Michael [2019]. „Tools for Curry-Coloured Petri Nets“. In: *Application and Theory of Petri Nets and Concurrency - 40th International Conference, PETRI NETS 2019, Aachen, Germany, June 23-28, 2019, Proceedings*. Hrsg. von Donatelli, Susanna und Haar, Stefan. Bd. 11522. Lecture Notes in Computer Science. Springer, S. 101–110. ISBN: 978-3-030-21570-5. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-21571-2_7

2020

Mosteller, David; Haustermann, Michael; Moldt, Daniel und Schmitz, Dennis [2020]. „The RMT Approach: A Systematic Approach to the Development of DSML with Integrated Simulation Based on Petri Nets“. In: *10th International Workshop on Enterprise Modeling and Information Systems Architectures, Kiel, Germany, May 14-15, 2020*. Hrsg. von Koschmider, Agnes; Michael, Judith und Thalheim, Bernhard. Bd. 2628. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 19–24. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2628>

Schmitz, Dennis; Feldmann, Matthias und Moldt, Daniel [2020]. „Analyzing Software Engineering Courses with Process Mining and Business Intelligence“. In: *Proceedings of the International Workshop on Petri Nets and Software Engineering co-located with 41st International Conference on Application and Theory of Petri Nets and Concurrency (PETRI NETS 2020), Paris, France, June 24, 2020 (due to COVID-19: virtual conference)*. Hrsg. von Köhler-Bußmeier, Michael; Kindler, Ekkart und Rölke, Heiko. Bd. 2651. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 220–221. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2651/posterextabs4.pdf> [besucht am 07.08.2025]

2023

Simic, Dejan; Leible, Stephan; Schmitz, Dennis; Gücük, Gian-Luca und Kučević, Emir [2023]. „Enhancing Project-based Learning through Data-driven Analysis and Visualisation: A Case Study“. In: *ACIS 2023 Proceedings 139*. URL: <https://aisel.aisnet.org/acis2023/139> [besucht am 31.01.2024]

Literatur

- Aalst, Wil M. P. van der (1998). „The application of Petri-nets to workflow management“. In: *Journal of Circuits, Systems and Computers* 8.1, S. 21–66. ISSN: 0218-1266. DOI: 10.1142/S0218126698000043 (siehe S. 39).
- Aalst, Wil M. P. van der (2016). *Process Mining*. Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-49851-4 (siehe S. 3, 25, 32 f., 37 ff., 487, 489).
- Aalst, Wil M. P. van der (2017). „Responsible Data Science: Using Event Data in a “People Friendly” Manner“. In: *Enterprise Information Systems*. Hrsg. von Hammoudi, Slimane; Maciaszek, Leszek A.; Missikoff, Michele M.; Camp, Olivier und Cordeiro, José. Cham: Springer International Publishing, S. 3–28. ISBN: 978-3-319-62386-3. DOI: 10.1007/978-3-319-62386-3_1 (siehe S. 284).
- Aalst, Wil M. P. van der (2019). „Responsible Data Science in a Dynamic World“. In: *Internet of Things. Information Processing in an Increasingly Connected World*. Hrsg. von Strous, Leon und Cerf, Vinton G. Cham: Springer International Publishing, S. 3–10. DOI: 10.1007/978-3-030-15651-0_1 (siehe S. 284).
- Aalst, Wil M. P. van der; Guo, Shengnan und Gorissen, Pierre (2015). „Comparative Process Mining in Education: An Approach Based on Process Cubes“. In: *Data-Driven Process Discovery and Analysis*. Hrsg. von Ceravolo, Paolo; Accorsi, Rafael und Cudre-Mauroux, Philippe. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 110–134. ISBN: 9783662464366. DOI: 10.1007/978-3-662-46436-6_6 (siehe S. 69).
- Abiteboul, S.; Buneman, Peter und Suciu, Dan (1999). *Data on the Web. From Relations to Semistructured Data and XML (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems)*. Morgan Kaufmann. 257 S. ISBN: 978-1-558-60622-7 (siehe S. 24).
- Agrawal, Rakesh; Gunopulos, Dimitrios und Leymann, Frank (1998). „Mining process models from workflow logs“. In: *Advances in Database Technology — EDBT’98*. Hrsg. von Schek, Hans-Jörg; Alonso, Gustavo; Saltor, Felix und Ramos, Isidro. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 467–483. ISBN: 978-3-540-69709-1 (siehe S. 32).
- Alasalmi, Tuija (2021). „Students Expectations on Learning Analytics: Learning Platform Features Supporting Self-regulated Learning“. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education*. INSTICC. SciTePress. DOI: 10.5220/0010537101310140 (siehe S. 5, 126, 139).
- Aldowah, Hanan; Al-Samarraie, Hosam und Fauzy, Wan Mohamad (2019). „Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis“. In: *Telematics and Informatics* 37, S. 13–49. ISSN: 0736-5853. DOI: 10.1016/j.tele.2019.01.007 (siehe S. 3, 16, 61, 125, 426).
- Alhazmi, Abdulrahman und Arachchilage, Nalin Asanka Gamagedara (2021). „I’m all ears! Listening to software developers on putting GDPR principles into software development

- practice“. In: *Personal and Ubiquitous Computing* 25.5, S. 879–892. DOI: 10.1007/s00779-021-01544-1 (siehe S. 23).
- Allen, Gove; Davies, Randy; Ball, Nicholas; Albrecht, Conan und Bakir, Nesrin (2019). „Using Educational Data Mining to Identify and Analyze Student Learning Strategies“. In: *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference on System Sciences. DOI: 10.24251/hicss.2019.004 (siehe S. 71).
- Alonso, E.; d’Inverno, Mark; Kudenko, Daniel; Luck, Michael und Noble, J. (2001). „Learning in multi-agent systems“. In: *The Knowledge Engineering Review* 16.3, S. 277–284. ISSN: 1469-8005. DOI: 10.1017/s0269888901000170 (siehe S. 34, 483).
- AlQaheri, Hameed und Panda, Mrutyunjaya (2022). „An Education Process Mining Framework: Unveiling Meaningful Information for Understanding Students’ Learning Behavior and Improving Teaching Quality“. In: *Information* 13.29. ISSN: 2078-2489. DOI: 10.3390/info13010029 (siehe S. 78).
- Altrogge, Günter (1996). *Netzplantechnik*. 3. Aufl. München [u.a.]: De Gruyter Oldenbourg. ISBN: 3-486-23728-4 (siehe S. 218).
- Andrade, Alejandro; Delandshere, Ginette und Danish, Joshua A. (2016). „Using Multimodal Learning Analytics to Model Student Behavior: A Systematic Analysis of Epistemological Framing“. In: *Journal of Learning Analytics* 3.2, S. 282–306. ISSN: 1929-7750. DOI: 10.18608/jla.2016.32.14 (siehe S. 71).
- Apraksin, Dmitry; Stylianou, Ermina und Shcherbinin, Nikolay (2018). „Business Intelligence and Learning Analytics as Contributors to a Data Driven Education Industry“. In: *2018 International Conference on Engineering Technologies and Computer Science (EnT)*. IEEE, S. 11–13. DOI: 10.1109/ent.2018.00008 (siehe S. 67).
- Apromore Pty Ltd (2024a). *Apromore*. URL: <https://apromore.com/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 55, 303).
- Apromore Pty Ltd (2024b). *Apromore - Editions and Pricing*. URL: <https://apromore.com/editions-and-pricing/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 303).
- Apromore Pty Ltd (2024c). *Apromore positioned as a Leader in 2023 Gartner Magic Quadrant for Process Mining Tools*. URL: <https://apromore.com/apromore-positioned-as-a-leader-in-2023-gartner-magic-quadrant-for-process-mining-tools/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 303).
- Ardimento, Pasquale; Bernardi, Mario Luca und Cimitile, Marta (2022). „Using Process Mining to Understand Students’ and Teams’ Dynamics“. In: *Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online*. Hrsg. von Casalino, Gabriella; Cimitile, Marta; Ducange, Pietro; Padilla Zea, Natalia; Pecori, Riccardo; Picerno, Pietro u. a. Cham: Springer International Publishing, S. 63–73. DOI: 10.1007/978-3-030-96060-5_5 (siehe S. 69, 72, 454).
- Atlassian (2023a). *Atlassian Classroom License Request*. URL: <https://www.atlassian.com/solutions/survey/classroom-license-request> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 274, 276).

- Atlassian (2023b). *What is Confluence Cloud used for?* URL: <https://www.atlassian.com/software/confluence/guides/expand-confluence/confluence-use-cases> (besucht am 08.03.2023) (siehe S. 275).
- Atlassian (2023c). *Who uses Jira Software?* URL: <https://www.atlassian.com/software/jira/guides/getting-started/who-uses-jira> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 274).
- Atlassian (2024a). *Confluence*. URL: <https://www.atlassian.com/software/confluence> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 269, 440).
- Atlassian (2024b). *Crowd*. URL: <https://www.atlassian.com/software/crowd> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 273).
- Atlassian (2024c). *JIRA*. URL: <https://www.atlassian.com/software/jira> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 440, 448).
- Avgeriou, Paris; Retalis, Symeon und Skordalakis, Emmanuel (2003). „An Architecture for Open Learning Management Systems“. In: *Advances in Informatics. PCI 2001. Lecture Notes in Computer Science*. Hrsg. von Manolopoulos, Yannis; Evripidou, Skevos und Kakas, Antonis C. Bd. 2563. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 183–200. ISBN: 978-3-540-07544-8. DOI: 10.1007/3-540-38076-0_13 (siehe S. 67).
- Awatef, Hicheur; Gueni, Billel; Assu, Joseph; Joubert, Christian und Khelifa, Nasser (2015). „Analyzing and Improving Educational Process Models using Process Mining Techniques“. In: *IMMM 2015 : The Fifth International Conference on Advances in Information Mining and Management*. IARIA, S. 17–22. ISBN: 978-1-61208-415-2 (siehe S. 69, 450).
- Baars, Henning; Finger, R.; Gluchowski, P.; Hilbert, A.; Kemper, Hans-Georg und Rieger, B. (17. Feb. 2011). *Umbenennung der GI-Fachgruppe Management Support Systems“ (MSS) in Business Intelligence“ (BI). Positionspapier der GI-Fachgruppe BIA*. URL: <https://fg-wi-bia.gi.de/organisatorisches/benennung-der-fachgruppe> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 31).
- Baars, Henning und Kemper, Hans-Georg (2021). *Business Intelligence & Analytics: Grundlagen und praktische Anwendungen*. Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI: 10.1007/978-3-8348-2344-1 (siehe S. 3, 30 f., 484).
- Baker, Ryan (2019). *Challenges for the Future of Educational Data Mining: The Baker Learning Analytics Prizes* (siehe S. 3).
- Baker, Ryan (2023). *Big Data and Education. 7th Edition*. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania. URL: <https://learninganalytics.upenn.edu/M00T/bigdataeducation.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 3).
- Bakhshinategh, Behdad; Zaiane, Osmar; Elatia, Samira und Ipperciel, Donald (2018). „Educational data mining applications and tasks: A survey of the last 10 years“. In: *Education and Information Technologies* 23.1, S. 537–553. ISSN: 1360-2357. DOI: 10.1007/s10639-017-9616-z (siehe S. 17).
- Balzert, Helmut (2009). *Lehrbuch der Softwaretechnik: Basiskonzepte und Requirements Engineering*. Spektrum Akademischer Verlag. DOI: 10.1007/978-3-8274-2247-7 (siehe S. 40, 55, 167, 171).

- Barreiros, Carla; Leitner, Philipp; Ebner, Martin; Veas, Eduardo und Lindstaedt, Stefanie (2023). „Students in Focus – Moving Towards Human-Centred Learning Analytics“. In: *Practicable Learning Analytics*. Hrsg. von Viberg, Olga und Grönlund, Åke. Cham: Springer International Publishing, S. 77–94. ISBN: 978-3-031-27646-0. DOI: 10.1007/978-3-031-27646-0_5 (siehe S. 80, 443, 445 f.).
- Bart, Austin Cory; Rutherford, Teomara und Skripchuk, James (2020). „Evaluating an Instrumented Python CS1 Course“. In: *Proceedings of 4th Educational Data Mining in Computer Science Education (CSEDM) Workshop co-located with the 13th Educational Data Mining Conference (EDM 2020), Virtual Event, July 10, 2020*. Hrsg. von Price, Thomas W.; Brusilovsky, Peter; Hsiao, Sharon I-Han; Koedinger, Ken und Shi, Yang. Bd. 2734. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2734/paper8.pdf> (siehe S. 68, 449).
- Bartly, Kevin (2024). *ETL vs ELT: What's the Difference?* Rivery. URL: <https://rivery.io/blog/etl-vs-elt/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 243).
- Baykasoğlu, Adil; Özbel, Burcu K.; Dudaklı, Nurhan; Subulan, Kemal und Şenol, Mümin Emre (2018). „Process mining based approach to performance evaluation in computer-aided examinations“. In: *Computer Applications in Engineering Education* 26.5, S. 1841–1861. ISSN: 1061-3773. DOI: 10.1002/cae.21971 (siehe S. 70).
- Bergenthum, Robin; Desel, Joerg; Harrer, Andreas und Mauser, Sebastian (2012). „Modeling and Mining of Learnflows“. In: *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency V*. Hrsg. von Jensen, Kurt; Donatelli, Susanna und Kleijn, Jetty. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 22–50. ISBN: 978-3-642-29072-5. DOI: 10.1007/978-3-642-29072-5_2 (siehe S. 51).
- Bernardino, Maicon; Abner, Lucas; Pieva, Lucas; Araujo, Thiago; Dias, Matheus und Machado, Rodrigo (2022). „Empirical Studies of an Educational Tool for Project Management Based on PMBOK Using Problem-Based Learning“. In: *Proceedings of the XXXVI Brazilian Symposium on Software Engineering. SBES '22. Virtual Event, Brazil: ACM*, S. 168–177. ISBN: 978-1-450-39735-3. DOI: 10.1145/3555228.3555260 (siehe S. 55 f., 439).
- BigBlueButton, Inc. (2023). *Big Blue Button*. URL: <https://bigbluebutton.org/> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 280, 440, 454).
- Blackboard - Rollen (2024). *Course and Organization Roles*. URL: https://help.blackboard.com/Learn/Administrator/Hosting/User_Management/Roles_and_Privileges/Course_and_Organization_Roles (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 438).
- Blikstein, Paulo (2011). „Using learning analytics to assess students' behavior in open-ended programming tasks“. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. Hrsg. von Long, Phillip; Siemens, George; Conole, Gráinne und Gasevic, Dragan. LAK '11. Banff, Alberta, Canada: ACM, S. 110–116. ISBN: 9781450309448. DOI: 10.1145/2090116.2090132 (siehe S. 3, 17, 71).
- Blumberg, Robert und Atre, Shaku (2003). „The Problem with Unstructured Data“. In: *DM Review*. Bd. 42-5 (siehe S. 24).

- Bogarín, Alejandro; Cerezo, Rebeca und Romero, Cristóbal (2018). „A survey on educational process mining“. In: *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 8.1, e1230. ISSN: 1942-4787. DOI: 10.1002/widm.1230 (siehe S. 68).
- BPMN 2.0 Poster (2011). URL: http://www.bpmb.de/images/BPMN2_0_Poster_EN.pdf (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 39, 54).
- Bratman, Michael (1989). *Intention, Plans, and Practical Reason*. Bd. 50. 1. Cambridge: Cambridge, MA: Harvard University Press. 189 S. (siehe S. 34).
- Braubach, Lars; Pokahr, Alexander; Moldt, Daniel und Lamersdorf, Winfried (2004). „Goal Representation for BDI Agent Systems“. In: *Second International Workshop on Programming Multi-Agent Systems: Languages and tools (PROMAS 2004), held with the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2004) New York, NY, USA, 20 July 2004*. Hrsg. von Bordini, Rafael H.; Dastani, Mehdi; Dix, Jürgen und Fallah-Seghrouchni, Amal El, S. 9–20 (siehe S. 225).
- Brin, Eugene (Apr. 2008). „Das Belief Desire Intention-Modell und dessen prototypische Verwendung im Rahmen des Siedler V-Projektes“. Bachelorarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Department Informatik (siehe S. 225).
- Budde, Reinhard und Züllighoven, Heinz (1990). *Software-Werkzeuge in einer Programmierwerkstatt: Ansätze eines hermeneutisch fundierten Werkzeug- und Maschinenbegriffs*. Berichte der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung. Oldenbourg. ISBN: 978-3-486-21629-5 (siehe S. 220).
- Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat (2019). *Gutachten der Datenethikkommission - Langfassung*. URL: <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/it-digitalpolitik/gutachten-datenethikkommission.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 22, 416).
- Buneman, Peter (1997). „Semistructured Data“. In: *Proceedings of the Sixteenth ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symposium on Principles of Database Systems*. PODS '97. Tucson, Arizona, USA: ACM, S. 117–121. ISBN: 0-897-91910-6. DOI: 10.1145/263661.263675 (siehe S. 24).
- Burkov, Andriy (2019). *The hundred-page machine learning book*. [Polen]: Andriy Burkov. 141 S. ISBN: 978-1-999-57951-7 (siehe S. 246, 419).
- Cabac, Lawrence (2007). „Multi-Agent System: A Guiding Metaphor for the Organization of Software Development Projects“. In: *Proceedings of the Fifth German Conference on Multiagent System Technologies*. Hrsg. von Petta, Paolo. Bd. 4687. LNCS. Leipzig, Germany: Springer, S. 1–12. DOI: 10.1007/978-3-540-74949-3_1 (siehe S. 45).
- Cabac, Lawrence (2010). *Modeling Petri Net-Based Multi-Agent Applications*. Bd. 5. Agent Technology – Theory and Applications. <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/3691>. Berlin: Logos Verlag. URL: <http://www.logos-verlag.de/cgi-bin/engbuchmid?isbn=2673&lng=eng&id=> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 9, 34–38, 45, 53, 225, 489).
- Cabac, Lawrence; Dörge, Till; Duvigneau, Michael; Moldt, Daniel; Reese, Christine und Wester-Ebbinghaus, Matthias (2008). „Agent Models for Concurrent Software Systems“. In: *Proceedings of the Sixth German Conference on Multiagent System Technologies*,

- MATES'08*. Hrsg. von Bergmann, Ralph und Lindemann, Gabriela. Bd. 5244. Lecture Notes in Artificial Intelligence. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, S. 37–48. URL: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-87805-6_5 (siehe S. 45).
- Cabac, Lawrence; Mosteller, David und Wester-Ebbinghaus, Matthias (Juni 2013). „A Proposal for the Modeling of Organizational Structures and Agent Knowledge in MAS“. In: *Modeling and Business Environments MODBE'13, Milano, Italia, June 2013. Proceedings*. Hrsg. von Moldt, Daniel. Bd. 989. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 295–312. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-989/paper05b.pdf> (siehe S. 40 ff.).
- Cacatian, Clariz Thea M.; Francisco, Marc Rhett C.; Jamandra, Arah Jodelle T.; Manabat, Katherine Joy C. und Caro, Jaime D.L. (2015). „Use of analytics to improve student behavior and performance in an online course implementation“. In: *2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*. IEEE, S. 1–6. DOI: 10.1109/IISA.2015.7388117 (siehe S. 67, 139, 449).
- Caldeira, João; Abreu, Fernando Brito e; Cardoso, Jorge; Simões, Rachel; Oliveira, Toacy und Reis, José Pereira dos (2023). „Software Development Analytics in Practice: A Systematic Literature Review“. In: *Archives of Computational Methods in Engineering* 30.3, S. 2041–2080. ISSN: 1134-3060. DOI: 10.1007/s11831-022-09864-y (siehe S. 73 f.).
- Caldeira, João; Abreu, Fernando Brito e; Reis, Jose und Cardoso, Jorge (2019). „Assessing Software Development Teams' Efficiency using Process Mining“. In: *2019 International Conference on Process Mining (ICPM)*. IEEE, S. 65–72. DOI: 10.1109/icpm.2019.00020 (siehe S. 73, 451, 476).
- Canvas - Rollen (2024). *Welche Benutzerrollen und Berechtigungen sind in Canvas verfügbar?* URL: <https://community.canvaslms.com/t5/Deutsch-Leitfaden-f%C3%BCr/Welche-Benutzerrollen-und-Berechtigungen-sind-in-Canvas/ta-p/571581> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 438).
- Cavalcanti, Anderson Pinheiro; Barbosa, Arthur; Carvalho, Ruan; Freitas, Fred; Tsai, Yi-Shan; Gašević, Dragan u. a. (2021). „Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review“. In: *Computers and Education: Artificial Intelligence* 2. ISSN: 2666-920X. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100027 (siehe S. 5, 72, 124, 454).
- Chadli, Saad Yasser; Idri, Ali; Ros, Joaquín Nicolás; Fernández-Alemán, José Luis; Gea, Juan M. Carrillo de und Toval, Ambrosio (2016). „Software project management tools in global software development: a systematic mapping study“. In: *SpringerPlus* 5. ISSN: 2193-1801. DOI: 10.1186/s40064-016-3670-7 (siehe S. 8, 59, 425).
- Chatti, Mohamed Amine; Dyckhoff, Anna Lea; Schroeder, Ulrik und Thüs, Hendrik (2012). „A reference model for learning analytics“. In: *International Journal of Technology Enhanced Learning* 4.5/6. ISSN: 1753-5255. DOI: 10.1504/ijtel.2012.051815 (siehe S. 16 f., 62 ff., 425).
- Chatti, Mohamed Amine; Muslim, Arham; Guliani, Manpriya und Guesmi, Mouadh (2020). „The LAVA Model: Learning Analytics Meets Visual Analytics“. In: *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Cham: Springer International Publishing, S. 71–93. ISBN: 978-3-030-47392-1. DOI: 10.1007/978-3-030-47392-1_5 (siehe S. 65, 77).

- Chaudhuri, Surajit und Dayal, Umeshwar (1997). „An overview of data warehousing and OLAP technology“. In: *SIGMOD Record* 26.1, S. 65–74. ISSN: 0163-5808. DOI: 10.1145/248603.248616 (siehe S. 29).
- Chen, Chih-Ming; Hong, Chin-Ming und Chang, Chia-Cheng (2008). „Mining interactive social network for recommending appropriate learning partners in a Web-based cooperative learning environment“. In: *2008 IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems*. IEEE, S. 642–647. DOI: 10.1109/iccis.2008.4670866 (siehe S. 71, 125, 452 f.).
- Chen, Chih-Ming; Wang, Jung-Ying und Hsu, Li-Chieh (2021). „An interactive test dashboard with diagnosis and feedback mechanisms to facilitate learning performance“. In: *Computers and Education: Artificial Intelligence* 2. ISSN: 2666-920X. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100015 (siehe S. 80).
- Christensen, Søren und Hansen, Niels Damgaard (1992). „Coloured Petri Nets Extended with Channels for Synchronous Communication“. In: *Daimi PB-390* 21.390. ISSN: 0105-8517. DOI: 10.7146/dpb.v21i390.6625 (siehe S. 38, 218).
- Christensen, Søren und Hansen, Niels Damgaard (1993). „Coloured Petri nets extended with place capacities, test arcs and inhibitor arcs“. In: *Application and Theory of Petri Nets 1993*. Springer Berlin Heidelberg, S. 186–205. ISBN: 978-3-540-47759-4. DOI: 10.1007/3-540-56863-8_47 (siehe S. 38).
- cloop (2024). *GitHub Project*. URL: <https://github.com/completing-the-loop/loop-tool-dashboard> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 445).
- Clow, Doug (2012). „The learning analytics cycle. closing the loop effectively“. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*. LAK '12. Vancouver, British Columbia, Canada: ACM, S. 134–138. ISBN: 9781450311113. DOI: 10.1145/2330601.2330636 (siehe S. 71).
- Coccoli, Mauro; Maresca, Paolo und Molinari, Andrea (2019). „Collaborative E-learning Environments with Cognitive Computing and Big Data“. In: *Journal of Visual Language and Computing* 2019.1, S. 43–52. DOI: 10.18293/jvlc2019n1-007. URL: <http://ksiresearch.org/jvlc/journal/JVLC2019N1/paper7.pdf> (siehe S. 55 f.).
- Conoscenti, Marco; Besner, Veronika; Vetrò, Antonio und Fernández, Daniel Méndez (2019). „Combining data analytics and developers feedback for identifying reasons of inaccurate estimations in agile software development“. In: *Journal of Systems and Software* 156, S. 126–135. ISSN: 0164-1212. DOI: 10.1016/j.jss.2019.06.075 (siehe S. 455).
- Coremans, Bavo; Klomp, Arjen L.; Rukmono, Satrio A.; Krüger, Jacob; Fahland, Dirk und Chaudron, Michel R. V. (2023). „Process Mining from Jira Issues at a Large Company“. In: *2023 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)*. IEEE, S. 425–435. DOI: 10.1109/icsme58846.2023.00055 (siehe S. 418, 451, 477).
- Corrales, David Camilo; Ledezma, Agapito und Corrales, Juan Carlos (2018). „From Theory to Practice: A Data Quality Framework for Classification Tasks“. In: *Symmetry* 10.7. ISSN: 2073-8994. DOI: 10.3390/sym10070248 (siehe S. 388).

- Corrin, Linda; Kennedy, G.; Barba, P. G. de; Lockyer, L.; Gašević, D.; Williams, D. u. a. (2016). *Completing the Loop: Returning meaningful learning analytic data to teachers*. Sydney: Office for Learning and Teaching. URL: <https://melbourne-cshe.unimelb.edu.au/research/research-programs/technology-enhanced-learning-in-higher-education/completing-the-loop> (besucht am 27.07.2025) (siehe S. 3, 80, 434, 444 f.).
- Corrin, Linda; Kennedy, Gregor; Barba, Paula de; Bakharia, Aneesha; Lockyer, L.; Gasevic, Dragan u. a. (2015). „Loop: A learning analytics tool to provide teachers with useful data visualisations. A learning analytics tool to provide teachers with useful data visualisations“. In: *Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, S. 409–413. DOI: 10.14742/apubs.2015.947 (siehe S. 80, 434, 443 ff.).
- Corrin, Linda; Scheffel, Maren und Gašević, Dragan (31. Dez. 2020). „Learning Analytics: Pathways to Impact“. In: *Australasian Journal of Educational Technology* 36.6, S. 1–6. ISSN: 1449-5554. DOI: 10.14742/ajet.6853 (siehe S. 72).
- Daniel, Ben (2015). „Big Data and analytics in higher education: Opportunities and challenges“. In: *British Journal of Educational Technology* 46.5, S. 904–920. DOI: 10.1111/bjet.12230 (siehe S. 4, 6, 98).
- DBeaver Community (2024). *Dbeaver – Universal Database Tool*. URL: <https://dbeaver.io/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 292, 442).
- Denz, Nicolas (2014). „Process-Oriented Analysis and Validation of Multi-Agent-Based Simulations: Concepts and Case Studies“. Diss. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik. URL: <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2014/6684/> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 37).
- Diamantopoulos, Themistoklis; Nastos, Dimitrios-Nikitas und Symeonidis, Andreas (2023). „Semantically-enriched Jira Issue Tracking Data“. In: *2023 IEEE/ACM 20th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*. IEEE, S. 218–222. DOI: 10.1109/msr59073.2023.00039 (siehe S. 73).
- Deutsches Institut für Normung (2016). *Leitlinie zur Entwicklung eines Löschkonzepts mit Ableitung von Löschfristen für personenbezogene Daten*. Berlin [u.a.]: Beuth. DOI: 10.31030/2415507 (siehe S. 23).
- Deutsches Institut für Normung (2013). *Projektmanagement: Netzplantechnik und Projektmanagementsysteme ; Normen*. 2. Aufl. DIN-Taschenbuch / Deutsches Institut für Normung. - Wechselnde Verlagsorte und Verleger, 1976- 472. Berlin [u.a.]: Beuth (siehe S. 219).
- Doberstein, Dorian; Hecking, Tobias und Hoppe, H. Ulrich (2019). „What Can Interaction Sequences Tell Us About Collaboration Quality in Small Learning Groups?“ In: *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2019*. Hrsg. von Herzog, Michael A.; Kubincová, Zuzana; Han, Peng und Temperini, Marco. Cham: Springer International Publishing, S. 61–71. DOI: 10.1007/978-3-030-35758-0_6 (siehe S. 69).
- Dolak, Radim (2019). „Using Process Mining Techniques to Discover Student’s Activities, Navigation Paths, and Behavior in LMS Moodle“. In: *Innovative Technologies and Learning*. Hrsg. von Rønningsbakk, Lisbet; Wu, Ting-Ting; Sandnes, Frode Eika und Huang,

- Yueh-Min. Cham: Springer International Publishing, S. 129–138. DOI: 10.1007/978-3-030-35343-8_14 (siehe S. 69).
- Domínguez Figaredo, D; Reich, J und Ruipérez-Valiente, J (2020). „Learning Analytics and Data-driven Education: A Growing Field“. In: *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* 23.2, S. 33–43. DOI: 10.5944/ried.23.2.27105 (siehe S. 65).
- Drachsler, Hendrik und Greller, Wolfgang (2016). „Privacy and analytics: it’s a DELI-CATE issue a checklist for trusted learning analytics“. In: *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge - LAK 16*. LAK ’16. Edinburgh, United Kingdom: ACM, S. 89–98. ISBN: 9781450341905. DOI: 10.1145/2883851.2883893 (siehe S. 22).
- Dron, Jon und Anderson, Terry (2009). „On the Design of Collective Applications“. In: *2009 International Conference on Computational Science and Engineering*. Bd. 04. IEEE, S. 368–374. DOI: 10.1109/cse.2009.469 (siehe S. 64).
- Du, Xiaomei und Han, Jie (2016). „A Literature Review on the Definition and Process of Project-Based Learning and Other Relative Studies“. In: *Creative Education* 7, S. 1079–1083. ISSN: 2151-4755. DOI: 10.4236/ce.2016.77112 (siehe S. 14).
- Ducange, Pietro; Pecori, Riccardo; Sarti, Luigi und Vecchio, Massimo (2017). „Educational Big Data Mining: How to Enhance Virtual Learning Environments“. In: *International Joint Conference SOCO’16-CISIS’16-ICEUTE’16*. Hrsg. von Graña, Manuel; López-Guede, José Manuel; Etxaniz, Oier; Herrero, Álvaro; Quintián, Héctor und Corchado, Emilio. Cham: Springer International Publishing, S. 681–690. DOI: 10.1007/978-3-319-47364-2_66 (siehe S. 67).
- Dumbach, Philipp; Aly, Alexander; Zrenner, Markus und Eskofier, Björn M. (2020). „Exploration of Process Mining Opportunities In Educational Software Engineering - The GitLab Analyser“. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Educational Data Mining, EDM 2020, Fully virtual conference, July 10-13, 2020*. Hrsg. von Rafferty, Anna N.; Whitehill, Jacob; Romero, Cristóbal und Cavalli-Sforza, Violetta. International Educational Data Mining Society (siehe S. 68, 80, 451).
- Duvigneau, Michael (Dez. 2002). „Bereitstellung einer Agentenplattform für petrinetz-basierte Agenten“. Diplomarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 37, 53, 488).
- Duvigneau, Michael (Okt. 2009). „Konzeptionelle Modellierung von Plugin-Systemen mit Petrinetzen“. Dissertation. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Department Informatik. URL: <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/3023> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 45).
- Dyckhoff, Anna; Zielke, Dennis; Bültmann, Mareike; Chatti, Mohamed und Schroeder, Ulrik (2012). „Design and Implementation of a Learning Analytics Toolkit for Teachers“. In: *Educational Technology and Society* 15 (siehe S. 78).
- Dyckhoff, Anna; Zielke, Dennis; Chatti, Mohamed und Schroeder, Ulrik (2011). „eLAT: An Exploratory Learning Analytics Tool for Reflection and Iterative Improvement of Technology Enhanced Learning“. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Educational Data Mining*, S. 355–356 (siehe S. 78).

- Elias, Tanya (2011). „Learning Analytics: Definitions, Processes and Potential“. In: *The Landing-Athabasca University* (siehe S. 16, 63).
- Emery, Frederick E. und Trist, Eric L. (1969). „Socio-technical systems“. In: *Systems Thinking*. Hrsg. von Emery, Frederick E., S. 281–295 (siehe S. 9, 106).
- Eskeli, Juho; Polcaro, Carmen und Maurologoitia, Jon (2011). „PSW: A Framework-based Tool Integration Solution for Global Collaborative Software Development“. In: *Proceedings - The Sixth International Conference on Software Engineering Advances, ICSEA 2011*. International Academy, Research, und Industry Association IARIA, S. 124–129 (siehe S. 59).
- Eyob, Ephrem, Hrsg. (2009). *Social Implications of Data Mining and Information Privacy: Interdisciplinary Frameworks and Solutions. Interdisciplinary frameworks and solutions*. Hershey, Pa: IGI Global. 323 S. ISBN: 978-1-605-66197-1. DOI: 10.4018/978-1-60566-196-4 (siehe S. 388).
- Feiler, Peter; Gabriel, Richard; Goodenough, John; Linger, Richard; Longstaff, Thomas; Kazman, Rick u. a. (2006). *Ultra-Large-Scale Systems: The Software Challenge of the Future*. Hrsg. von Pollak, Bill. Software Engineering Institute. ISBN: 978-0-9786956-0-6 (siehe S. 37).
- Feldman-Maggor, Yael; Barhoom, Sagiv; Blonder, Ron und Tuvi-Arad, Inbal (2021). „Behind the scenes of educational data mining“. In: *Education and Information Technologies* 26, S. 1455–1470. ISSN: 1360-2357. DOI: 10.1007/s10639-020-10309-x (siehe S. 66, 148, 150, 235).
- Feldmann, Matthias (2024). *Supporting analyzing eLearning course data for lecturers. Documentation on how to set up and use open-source data analytics tools for analyzing online tests*. Forschungsber. Universitätsinterne Arbeit im Rahmen eines base.camp-Projekts, unveröffentlicht. Universität Hamburg (siehe S. 445, 477).
- Ferguson, Rebecca; Brasher, Andrew; Clow, Doug; Griffiths, Dai und Drachsler, Hendrik (2016). „Learning Analytics: Visions of the Future“. In: *6th International Learning Analytics and Knowledge (LAK) Conference, Edinburgh, Scotland* (siehe S. 64).
- Ferreira, Luma; Bezerra, Juliana und Hirata, Celso (2018). „Towards a Framework for Aiding the Collaborative Management of Informal Projects“. In: *Enterprise Information Systems*. Hrsg. von Hammoudi, Slimane; Śmiałek, Michał; Camp, Olivier und Filipe, Joaquim. Cham: Springer International Publishing, S. 3–20. ISBN: 978-3-319-93375-7. DOI: 10.1007/978-3-319-93375-7_1 (siehe S. 57, 424 f.).
- Fischer, Klaus (1999). „Holonc Multiagent Systems — Theory and Applications —“. In: *Lecture Notes in Computer Science*. Hrsg. von Barahona, Pedro und Alferes, José J. Springer Berlin Heidelberg, S. 34–48. ISBN: 978-3-540-48159-1. DOI: 10.1007/3-540-48159-1_3 (siehe S. 106).
- Floyd, Christiane (1984). „A Systematic Look at Prototyping“. In: *Approaches to Prototyping*. Hrsg. von Budde, Reinhard; Kuhlenkamp, Karin; Mathiassen, Lars und Züllighoven, Heinz. Springer Berlin Heidelberg, S. 1–18. ISBN: 978-3-540-13490-9. DOI: 10.1007/978-3-642-69796-8_1 (siehe S. 45).

- Fluxicon (2024a). *Disco*. URL: <https://fluxicon.com/disco/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 69, 300, 435, 440, 444, 450).
- Fluxicon (2024b). *Say Hello to Disco!* URL: <https://fluxicon.com/blog/2012/05/say-hello-to-disco/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 303).
- Foster, Ed; Siddle, Rebecca; Crowson, Pete und Bonne, Pieterjan (2020). „It’s All About the Intervention: Reflections on Building Staff Capacity for Using Learning Analytics to Support Student Success“. In: *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Hrsg. von Ifenthaler, Dirk und Gibson, David. Cham: Springer International Publishing, S. 241–256. ISBN: 978-3-030-47392-1. DOI: 10.1007/978-3-030-47392-1_13 (siehe S. 72).
- Freund, Jakob und Rücker, Bernd (2019). *Praxishandbuch BPMN 2.0. Mit Einführung in DMN*. 6. Aufl. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. ISBN: 978-3-446-46111-6 (siehe S. 39).
- Friedman, Arik; Dhupelia, Rohan und Jackson, Ben (2023). „The Atlassian Data Lake: consolidating enriched software development data in a single, queryable system“. In: *2023 IEEE/ACM 20th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*. IEEE, S. 265–266. DOI: 10.1109/msr59073.2023.00045 (siehe S. 73).
- Gadatsch, Andreas (2023). *Business Process Management. Analysis, Modelling, Optimisation and Controlling of Processes*. 1. Aufl. Springer Wiesbaden. 222 S. DOI: 10.1007/978-3-658-41584-6 (siehe S. 3, 52, 54).
- Gartner, Inc. (2023). *JIRA Software Reviews*. URL: <https://www.gartner.com/reviews/market/enterprise-agile-planning-tools/vendor/atlassian/product/atlassian-software> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 274).
- Gauthier, Geneviève (2013). „Using Teaching Analytic to Inform Assessment Practices in Technology Mediated Problem Solving Tasks“. In: *Proceedings of the 2nd International Workshop on Teaching Analytics*. Hrsg. von Vatrappu, Ravi K.; Reimann, Peter; Halb, Wolfgang und Bull, Susan. 985 Bde. (siehe S. 17).
- Geminn, Christian L.; Johannes, Paul C.; Nebel, Maxi und Bile, Tamer (2023). *Datenschutzrechtliche Beurteilung von Learning Analytics an Hochschulen in NRW*. Techn. Ber. DOI: 10.13154/294-9657. URL: https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/9657/file/Rechtsgutachten_Learning_Analytics_Hochschulen_NRW.pdf (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 416).
- Gerry, Stahl; Koschmann, T. und Suthers, Dan (2006). „Computer-supported Collaborative Learning: An Historical Perspective“. In: *Cambridge handbook of the learning sciences*. Hrsg. von Sawyer, R. K. Bd. 2006. Cambridge University Press, S. 409–426 (siehe S. 16).
- Ghazal, Mohamed A.; Ibrahim, Osman und Salama, Mostafa A. (2017). „Educational Process Mining: A Systematic Literature Review“. In: *2017 European Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS)*. IEEE, S. 198–203. DOI: 10.1109/eecs.2017.45 (siehe S. 68).
- GitLab B.V. (2024). *GitLab*. URL: <https://about.gitlab.com/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 68, 80, 273, 440, 451).

- Gold, Nicolas E. und Krinke, Jens (2022). „Ethics in the mining of software repositories“. In: *Empirical Software Engineering* 27.1. ISSN: 1382-3256. DOI: 10.1007/s10664-021-10057-7 (siehe S. 416).
- Gomede, Everton; Barros, Rodolfo Miranda de und Souza Mendes, Leonardo de (2021). „Deep auto encoders to adaptive E-learning recommender system“. In: *Computers and Education: Artificial Intelligence* 2. ISSN: 2666-920X. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100009 (siehe S. 5, 128).
- Greller, Wolfgang und Drachsler, Hendrik (2012). „Translating Learning into Numbers: A Generic Framework for Learning Analytics“. In: *J. Educ. Technol. Soc.* 15.3, S. 42–57 (siehe S. 3, 61 f., 425).
- Gücük, Gian-Luca (März 2023). „Real-Time Data Analytics for Task Planning in Jira: A Proposed Solution for a Project-based Course at the Department of Informatics at the University of Hamburg“. Bachelorarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 67, 243, 302, 317 f., 402, 420, 427, 445, 477).
- Gücük, Gian-Luca; Simic, Dejan; Leible, Stephan; Lewandowski, Tom und Kučević, Emir (2023). „Enhancing educational insights: A real-time data analytics stack for project-based learning“. In: *INFORMATIK 2023 - Designing Futures: Zukünfte gestalten*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 1963–1971. ISBN: 978-3-88579-731-9. DOI: 10.18420/inf2023_196 (siehe S. 420, 445).
- Güttler, Matthias (Nov. 2013). „Integration einer agilen Projektmanagementumgebung in ein verteiltes Team“. Diplomarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 45, 57).
- Hammer, Michael und Champy, James (1994). *Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen*. 2. Aufl. Campus Verlag, Frankfurt. 123 S. ISBN: 978-3-593-35017-2 (siehe S. 218).
- Hammer, Michael und Champy, James (2003). *Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen*. 7. Aufl. Campus Verlag. 288 S. ISBN: 978-3-593-35017-2 (siehe S. 218).
- Haryono, Edward Manopo; Fahmi, W, Adi Setiawan Tri; Gunawan, Indra; Hidayanto, Achmad Nizar und Rahardja, Untung (2020). „Comparison of the E-LT vs ETL Method in Data Warehouse Implementation: A Qualitative Study“. In: *2020 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)*. IEEE, S. 115–120. DOI: 10.1109/icimcis51567.2020.9354284 (siehe S. 30, 243).
- Haustermann, Michael (Sep. 2014). „BPMN-Modelle für petrinetzbasierte agentenorientierte Softwaresysteme auf Basis von Mulan/Capa“. Masterarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 55).
- Hawlicschek, Anja; Berndt, Sarah und Schulz, Sandra (2021). „Towards a Framework of Planning Collaborative Learning Scenarios in Computer Science“. In: *Proceedings of the 21st Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. ACM, S. 1–5. DOI: 10.1145/3488042.3488044 (siehe S. 73).

- Hecking, Tobias; Manske, Sven; Bollen, Lars; Govaerts, Sten; Vozniuk, Andrii und Hoppe, H. Ulrich (2014). „A Flexible and Extendable Learning Analytics Infrastructure“. In: *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2014*. Hrsg. von Popescu, Elvira; Lau, Rynson W. H.; Pata, Kai; Leung, Howard und Laanpere, Mart. Cham: Springer International Publishing, S. 123–132. ISBN: 978-3-319-09635-3. DOI: 10.1007/978-3-319-09635-3_13 (siehe S. 77).
- Heinemann, George T. und Councill, William T. (2001). *Component Based Software Engineering. Putting the Pieces Together*. Addison-Wesley Professional. 818 S. ISBN: 978-0-201-70485-3 (siehe S. 412).
- Hevner, Alan R.; March, Salvatore T.; Park, Jinsoo und Ram, Sudha (2004). „Design Science in Information Systems Research“. In: *MIS Quarterly* 28.1, S. 75–105. ISSN: 0276-7783. DOI: 10.2307/25148625 (siehe S. 10, 96, 99).
- Hilger, Joseph und Wahl, Zachary (2022). „Learning Management Systems“. In: *Making Knowledge Management Clickable : Knowledge Management Systems Strategy, Design, and Implementation*. Cham: Springer International Publishing, S. 155–161. ISBN: 978-3-030-92385-3. DOI: 10.1007/978-3-030-92385-3_8 (siehe S. 15 f.).
- Hitachi Vantara (2024a). *Pentaho Data Integration - Data Sources*. URL: https://help.hitachivantara.com/Documentation/Pentaho/9.1/Setup/Components_Reference (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 297).
- Hitachi Vantara (2024b). *Pentaho Data Integration - Documentation*. URL: https://help.hitachivantara.com/Documentation/Pentaho/9.1/Products/Pentaho_Data_Integration (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 297).
- Hitachi Vantara (2024c). *Pentaho Data Integration Client - Spoon*. URL: https://help.hitachivantara.com/Documentation/Pentaho/9.1/Products/Learn_about_the_PDI_client (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 297, 442, 450).
- Hitachi Vantara (2024d). *Pentaho Data Integration Client - Spoon - Transformation step reference*. URL: https://help.hitachivantara.com/Documentation/Pentaho/9.1/Products/Transformation_step_reference (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 297).
- Hoban, Sarah M. (2023). *10 Most Common Features Of Project Management Software*. URL: <https://thedigitalprojectmanager.com/projects/managing-schedules/common-features-project-management-software/> (besucht am 04.10.2023) (siehe S. 20).
- Hooshyar, Danial; Pedaste, Margus und Yang, Yeongwook (2020). „Mining Educational Data to Predict Students’ Performance through Procrastination Behavior“. In: *Entropy* 22.1. ISSN: 1099-4300. DOI: 10.3390/e22010012 (siehe S. 5, 70, 139, 452).
- Huhns, Michael N. und Stephens, Larry M. (1999). „Multiagent systems and societies of agents“. In: *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. Hrsg. von Weiss, Gerhard. Cambridge, MA, USA: MIT Press, S. 79–120. ISBN: 0-262-23203-0 (siehe S. 9, 35).
- Ifenthaler, Dirk und Drachsler, Hendrik (2020). „Learning Analytics“. In: *Handbuch Bildungstechnologie: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen*. Hrsg. von Niegemann, Helmut und Weinberger, Armin. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,

- S. 515–534. ISBN: 978-3-662-54368-9. DOI: 10.1007/978-3-662-54368-9_42 (siehe S. 17, 62, 487).
- Ifenthaler, Dirk und Gibson, David, Hrsg. (2025). *Advances in Analytics for Learning and Teaching*. URL: <https://www.springer.com/series/16338> (besucht am 31.07.2025) (siehe S. 64).
- Ifenthaler, Dirk und Widanapathirana, Chathuranga (11. Mai 2014). „Development and Validation of a Learning Analytics Framework: Two Case Studies Using Support Vector Machines“. In: *Technology, Knowledge and Learning* 19, S. 221–240. ISSN: 2211-1662. DOI: 10.1007/s10758-014-9226-4 (siehe S. 7, 17, 63, 166, 475, 487).
- Indeed (2022). *Project Management Systems: Key Components and Benefits*. Hrsg. von Team, Indeed Editorial. URL: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/what-is-project-management-system> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 20).
- Ingram, Fred (2020). „An Agent-based Classroom Lessons Model and Simulation“. Diss. URL: https://www.researchgate.net/publication/354625019_An_Agent-based_Classroom_Lessons_Model_and_Simulation (siehe S. 50, 437 f., 475).
- Intayoad, Wacharawan; Kamyod, Chayapol und Temdee, Punnarumol (2018). „Process mining application for discovering student learning paths“. In: *2018 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)*. IEEE, S. 220–224. DOI: 10.1109/icdamt.2018.8376527 (siehe S. 69).
- Irgang, Kerstin und Irgang, Thomas (2014). „Visual Language Plans - Formalization of a Pedagogical Learnflow Modeling Language“. In: *Proceedings of the International Workshop on Petri Nets and Software Engineering, co-located with 35th International Conference on Application and Theory of Petri Nets and Concurrency (PetriNets 2014) and 14th International Conference on Application of Concurrency to System Design (ACSD 2014), Tunis, Tunisia, June 23-24, 2014*. Hrsg. von Moldt, Daniel und Rölke, Heiko. Bd. 1160. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 181–200 (siehe S. 51).
- ISO/IEC 12207:2008 (2008). *Systems and software engineering – Software life cycle processes*. Standard. Geneva, CH: International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/43447.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 60, 425).
- ISO/IEC 19501:2005 (2005). *Information technology – Open Distributed Processing– Unified Modeling Language (UML)*. Standard. Version 1.4.2. Geneva, CH: International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/32620.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 40, 54 f.).
- ISO/IEC 19510:2013 (2013). *Information technology – Object Management Group Business Process Model and Notation*. Standard. Geneva, CH: International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/62652.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 39, 54).
- ISO/IEC 27555:2021 (2021). *Information security, cybersecurity and privacy protection – Guidelines on personally identifiable information deletion*. Standard. Geneva, CH: International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/71673.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 23).

- ISO/IEC/IEEE 12207:2017 (2017). *Systems and software engineering – Software life cycle processes*. Standard. Geneva, CH: International Organization for Standardization. URL: <https://www.iso.org/standard/63712.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 60).
- Jaakonmäki, Roope; Brocke, Jan vom; Dietze, Stefan; Drachsler, Hendrik; Fortenbacher, Albrecht; Helbig, René u. a. (2020). *Learning Analytics Cookbook. How to Support Learning Processes Through Data Analytics and Visualization*. Cham: Springer International Publishing. 91 S. DOI: 10.1007/978-3-030-43377-2 (siehe S. 80).
- Jacobson, Ivar; Christerson, Magnus; Jonsson, Patrik und Övergaard, Gunnar (1992). *Object-oriented software engineering - a use case driven approach*. Addison-Wesley. ISBN: 978-0-201-54435-0 (siehe S. 412).
- Jennings, Nicholas R.; Sycara, Katia und Wooldridge, Michael (1998). „A Roadmap of Agent Research and Development“. In: Bd. 1. Springer Science und Business Media LLC, S. 7–38. DOI: 10.1023/a:1010090405266 (siehe S. 9, 35).
- Jessen, Eike und Valk, Rüdiger (1987). *Rechensysteme: Grundlagen der Modellbildung*. Studienreihe Informatik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, S. 562 (siehe S. 218).
- Jiawei Han, Micheline Kamber und Pei, Jian (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques. concepts and techniques*. 3. Aufl. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc. 703 S. ISBN: 978-0-123-81479-1 (siehe S. 21).
- Joshi, Akhila; Desai, Padmashree und Tewari, Prakash (2020). „Learning Analytics framework for measuring students’ performance and teachers’ involvement through problem based learning in engineering education“. In: *Procedia Computer Science* 172. 9th World Engineering Education Forum (WEEF 2019) Proceedings : Disruptive Engineering Education for Sustainable Development, S. 954–959. ISSN: 1877-0509. DOI: 10.1016/j.procs.2020.05.138 (siehe S. 77).
- Kaliva, Elisabeth (2016). „Didaktische Implikationen des projektbasierten Lernens beim Einsatz von Social Learning Environments in Hochschulen“. Diss. Duisburg; Essen. 291 S. ISBN: 978-1-392-44187-9. URL: <https://www.proquest.com/dissertations-theses/didaktische-implikationen-des-projektbasierten/docview/1961817285/se-2> (siehe S. 15 f.).
- Kampis, George (1996). „Self-modifying systems: a model for the constructive origin of information“. In: *Biosystems* 38.2. Foundations of Information Science, S. 119–125. ISSN: 0303-2647. DOI: 10.1016/0303-2647(95)01581-7 (siehe S. 402).
- Kamps, Prof. Dr. Udo (16. Feb. 2018). *Definition: Datenanalyse*. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/datenanalyse-30331/version-253916> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 20).
- Karafyllis, Nicole C. (2019). „Soziotechnisches System“. In: *Mensch-Maschine-Interaktion: Handbuch zu Geschichte – Kultur – Ethik*. Hrsg. von Liggieri, Kevin und Müller, Oliver. Stuttgart: J.B. Metzler, S. 300–303. ISBN: 978-3-476-05604-7. DOI: 10.1007/978-3-476-05604-7_56 (siehe S. 106).
- Kawash, Jalal; Horacek, Joshua und Wong, Nelson (2021). „What We Learned from the Abrupt Switch to Online Teaching Due to the COVID-19 Pandemic in a Post-secondary

- Computer Science Program“. In: *Proceedings of the 13th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSEDU*. INSTICC. SciTePress, S. 148–155. ISBN: 978-989-758-502-9. DOI: 10.5220/0010379401480155 (siehe S. 5, 124).
- Keber, Tobias O.; Bachmeier, Ella und Neef, Karla (2019). „Learning Analytics – Datenschutzrechtliche und ethische Überlegungen zu studienleistungsbezogenen Datenanalysen an Hochschulen“. In: *JurPC*. ISSN: 1615-5335. DOI: 10.7328/jurpcb201934898. URL: <https://www.jurpc.de/jurpc/show?id=20190097> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 416).
- Kelleher, John D. und Tierney, Brendan (2018). *Data Science*. The MIT Press. ISBN: 0-262-53543-2 (siehe S. 21).
- Kenneally, Erin und Dittrich, David (2012a). „The Menlo Report: Ethical Principles Guiding Information and Communication Technology Research“. In: *SSRN Electronic Journal*. ISSN: 1556-5068. DOI: 10.2139/ssrn.2445102 (siehe S. 21, 416).
- Kenneally, Erin und Dittrich, David (2012b). *The Menlo Report: Ethical Principles Guiding Information and Communication Technology Research (Long Version)*. URL: https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/CSD-MenloPrinciplesCORE-20120803_1.pdf (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 21, 416).
- Khalidi, Maha und Erradi, Mohammed (2020a). „Design and Development of an e-Learning Project Management System: Modelling and Prototyping“. In: *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)* 15.19, S. 95–106. ISSN: 1863-0383. DOI: 10.3991/ijet.v15i19.14595 (siehe S. 55 f.).
- Khalidi, Maha und Erradi, Mohammed (2020b). „Design of an E-Learning Project Management System: Project Needs. Project needs“. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Big Data and Internet of Things*. BDIoT'19. Rabat, Morocco: ACM, S. 1–5. ISBN: 978-1-450-37240-4. DOI: 10.1145/3372938.3372978 (siehe S. 55 f.).
- Khalil, Mohammad; Prinsloo, Paul und Slade, Sharon (2022). „A Comparison of Learning Analytics Frameworks: a Systematic Review“. In: *LAK22: 12th International Learning Analytics and Knowledge Conference*. LAK22. Online, USA: ACM, S. 152–163. DOI: 10.1145/3506860.3506878 (siehe S. 74, 428 f.).
- Khuzairi, Nur; Sidhu, Manjit und Che cob, Zaihisma (2020). „Learning Analytics and Teaching Analytics: The Similarities and Differences“. In: *International Journal of Humanities, Management and Social Science* 3.2, S. 52–58. ISSN: 2685-2322. DOI: 10.36079/lamintang.ij-humass-0302.135 (siehe S. 3, 17 f.).
- Kim, Gene und Forsgren, Nicole (2021). *DevOps Handbook, Second Edition. How to Create World-Class Speed, Reliability, and Security in Technology Organizations*. IT Revolution Press. 528 S. ISBN: 978-1-950-50840-2 (siehe S. 332, 380, 402, 455).
- Kindler, Ekkart; Rubin, Vladimir und Schäfer, Wilhelm (2006). „Activity mining for discovering software process models“. In: *Software Engineering 2006, Proceedings der Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik*. Hrsg. von Biel, Bettina; Book, Matthias und Gruhn, Volker. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 175–180 (siehe S. 74).
- Kippers, Wilma B.; Poortman, Cindy L.; Schildkamp, Kim und Visscher, Adrie J. (2018). „Data literacy: What do educators learn and struggle with during a data use inter-

- vention?“ In: *Studies in Educational Evaluation* 56, S. 21–31. ISSN: 0191-491X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.11.001> (siehe S. 6, 23, 72, 151 ff., 454, 468).
- Kleinman, Erica; Shergadwala, Murtuza; Teng, Zhaoqing; Villareale, Jennifer; Bryant, Andy; Zhu, Jichen u. a. (2022). „Analyzing Students’ Problem-Solving Sequences. A Human-in-the-Loop Approach“. In: *Journal of Learning Analytics* 9.2, S. 138–160. ISSN: 1929-7750. DOI: 10.18608/jla.2022.7465 (siehe S. 71).
- Klinger, M. (2011). „Merkmale guter Hochschullehre: Definitionsversuche und Operationalisierbarkeit“. In: *In: bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, Ausgabe 21*, S. 1–23. URL: http://www.bwpat.de/ausgabe21/klinger_bwpat21.pdf (besucht am 28.09.2023) (siehe S. 15).
- Köhler-Bußmeier, Michael (2009). „Koordinierte Selbstorganisation und selbstorganisierte Koordination: Eine formale Spezifikation reflexiver Selbstorganisation in Multiagentensystemen unter spezieller Berücksichtigung der sozialwissenschaftlichen Perspektive“. Habilitationsschrift. University of Hamburg. URL: <https://edoc.sub.uni-hamburg.de/informatik/volltexte/2010/144/> (besucht am 31.07.2025) (siehe S. 34, 52 f., 225 f., 479).
- Kravitz, David und Martin, Barbara (1986). „Ringelmann Rediscovered: The Original Article“. In: *Journal of Personality and Social Psychology* 50.5, S. 936–941. ISSN: 0022-3514. DOI: 10.1037/0022-3514.50.5.936 (siehe S. 227).
- Kummer, Olaf (2002). *Referenznetze*. Berlin: Logos Verlag. 456 S. ISBN: 978-3-8325-0035-1. URL: <http://www.logos-verlag.de/cgi-bin/engbuchmid?isbn=0035&lng=eng&id=> (besucht am 31.07.2025) (siehe S. 38, 52).
- Kuster, Jürg; Bachmann, Christian; Hubmann, Mike; Lippmann, Robert und Schneider, Patrick (2022). *Handbuch Projektmanagement. Agil – Klassisch – Hybrid*. 5. Aufl. Springer Gabler Berlin, Heidelberg. 509 S. DOI: 10.1007/978-3-662-65473-6 (siehe S. 18 f., 424, 440, 489).
- Lang, Charles; Siemens, George; Wise, Alyssa und Gasevic, Dragan, Hrsg. (2017). *Handbook of Learning Analytics*. Society for Learning Analytics Research (SoLAR). DOI: 10.18608/hla17 (siehe S. 17).
- Lang, Jean-Philippe (2024). *Redmine*. URL: <https://www.redmine.org/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 55, 57, 265, 441).
- Lee, Lap-Kei; Cheung, Simon K. S. und Kwok, Lam-For (2020). „Learning analytics: current trends and innovative practices“. In: *Journal of Computers in Education* 7.1, S. 1–6. ISSN: 2197-9987. DOI: 10.1007/s40692-020-00155-8 (siehe S. 65).
- Leek, J. T. und Peng, Roger D. (2015). „What is the question?“ In: *Science* 347.6228, S. 1314–1315. ISSN: 0036-8075. DOI: 10.1126/science.aaa6146 (siehe S. 26, 90).
- Leitner, Philipp; Khalil, Mohammad und Ebner, Martin (2017). „Learning Analytics in Higher Education—A Literature Review“. In: *Learning Analytics: Fundamentals, Applications, and Trends: A View of the Current State of the Art to Enhance e-Learning*. Hrsg. von Peña-Ayala, Alejandro. Cham: Springer International Publishing, S. 1–23. ISBN: 978-3-319-52977-6. DOI: 10.1007/978-3-319-52977-6_1 (siehe S. 64).

- Liebhart, Daniel (2010). „Die glorreichen sieben Datenarten“. In: *Netzwoche* 13. URL: https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/3169/1/2010_Liebhart_Die%20glorreichen%20sieben%20Datenarten_Netzwoche.pdf (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 24).
- Lomazova, Irina A.; Mitsyuk, Alexey A. und Sharipova, Aliya M. (18. Okt. 2021). „Modeling MOOC learnflow with Petri net extensions“. In: arXiv: 2111.04419 [cs.CY]. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.04419> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 50).
- Lüders, Clara Maria (2023). „Mining and Understanding Issue Links Towards a Better Issue Management“. Diss. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg, Germany: University of Hamburg, Department of Informatics (siehe S. 74).
- Luhn, H. P. (1958). „A Business Intelligence System“. In: *IBM Journal* 2(4), S. 314–319. URL: <http://altaplana.com/ibmrd0204H.pdf> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 30).
- Macak, Martin; Kruzelova, Daniela; Chren, Stanislav und Buhnova, Barbora (2021). „Using process mining for Git log analysis of projects in a software development course“. In: *Education and Information Technologies* 26.5, S. 5939–5969. ISSN: 1360-2357. DOI: 10.1007/s10639-021-10564-6 (siehe S. 68, 74, 451).
- Madauss, Bernd-J. (2020). *Projektmanagement. Theorie und Praxis aus einer Hand*. 8. Aufl. Springer Vieweg Berlin, Heidelberg. 989 S. ISBN: 978-3-662-59384-4. DOI: 10.1007/978-3-662-59384-4 (siehe S. 20, 490).
- Marenzi, Ivana und Zerr, Sergej (2012). „Multiliteracies and Active Learning in CLIL - The Development of LearnWeb2.0“. In: *IEEE Transactions on Learning Technologies* 5.4, S. 336–348. ISSN: 1939-1382. DOI: 10.1109/tlt.2012.14 (siehe S. 79 f., 443).
- Marinho, Tarsis; Costa, Evandro B.; Dermeval, Diego; Ferreira, Rafael; Braz, Lucas M.; Bittencourt, Ig Ibert u. a. (2010). „An ontology-based software framework to provide educational data mining“. In: *Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing - SAC '10*. SAC '10. Sierre, Switzerland: ACM, S. 1433–1437. DOI: 10.1145/1774088.1774391 (siehe S. 5, 124 f.).
- Markwardt, Kolja (2013). „Strukturierung petrinetzbasierter Multiagentenanwendungen am Beispiel verteilter Softwareentwicklungsprozesse“. Diss. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik. URL: <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2013/6027> (besucht am 31.07.2025) (siehe S. 34).
- Martinez-Ortiz, I.; Moreno-Ger, P.; Sierra, J.L. und Fernandez-Manjon, B. (2007). „Educational Modeling Languages. A Conceptual Introduction and a High-Level Classification“. In: *Computers and Education: E-Learning, From Theory to Practice*. Hrsg. von Fernández-Manjón, Baltasar; Sánchez-Pérez, Juan Manuel; Gómez-Pulido, Juan Antonio; Vega-Rodríguez, Miguel Angel und Bravo-Rodríguez, José. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 27–40. ISBN: 978-1-4020-4914-9. DOI: 10.1007/978-1-4020-4914-9_3 (siehe S. 51).
- Mattermost, Inc. (2023a). *Active directory/LDAP setup*. URL: <https://docs.mattermost.com/onboard/ad-ldap.html> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 282).

- Mattermost, Inc. (2023b). *Confluence: Notify users in Mattermost of updates and new pages in Confluence*. URL: <https://mattermost.com/marketplace/confluence/> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 282).
- Mattermost, Inc. (2023c). *Mattermost reaches 1.0: Self-host ready, Slack-compatible, MIT licensed*. URL: <https://mattermost.com/blog/mattermost-1-0-slack-compatible-self-hosted-chat/> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 283).
- Mattermost, Inc. (2023d). *Power Jira workflows on Mattermost*. URL: <https://mattermost.com/atlassian/jira/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 282).
- Mattermost, Inc. (2024). *Mattermost*. URL: <https://mattermost.com/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 269, 280, 440, 449).
- McEneaney, John und Morsink, Paul (2022). „Curriculum Modelling and Learner Simulation as a Tool in Curriculum (Re)Design“. In: *Journal of Learning Analytics* 9.2, S. 161–178. DOI: 10.18608/jla.2022.7499 (siehe S. 52).
- McMenamin, Stephen M. und Palmer, John F. (1984). *Essential Systems Analysis*. New York, N.Y.: Yourdon Press, Parentice Hall Building. 408 S. ISBN: 0-13-287905-0 (siehe S. 218).
- de-Menéndez, Marcela Hernández; Morales-Menendez, Ruben; Escobar, Carlos A. und Mendoza, Ricardo A. Ramírez (2022). „Learning Analytics: State of the Art“. In: *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 16.3, S. 1209–1230. ISSN: 1955-2513. DOI: 10.1007/s12008-022-00930-0 (siehe S. 17, 25 f., 60 f., 64 f., 426).
- Metabase (2024). *Metabase*. URL: <https://www.metabase.com/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 302, 408, 445).
- Microsoft (2024a). *2022 Gartner Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms*. URL: <https://powerbi.microsoft.com/de-de/blog/microsoft-named-a-leader-in-the-2022-gartner-magic-quadrant-for-analytics-and-bi-platforms/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 301).
- Microsoft (2024b). *Active Directory*. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows-server/identity/ad-ds/active-directory-domain-services> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 273).
- Microsoft (2024c). *Data sources in Power BI Desktop*. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/connect-data/desktop-data-sources> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 301).
- Microsoft (2024d). *Power BI*. URL: <https://powerbi.microsoft.com/de-de/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 300, 435, 440, 450).
- Microsoft (2024e). *Power BI - Documentation*. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 301).
- Microsoft (2024f). *Visualization types in Power BI*. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/visuals/power-bi-visualization-types-for-reports-and-q-and-a> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 300).

- Middendorf, William (2022). *Digitale Lernumgebungen - didaktische Möglichkeiten und praktische Fragen*. DOI: 10.25656/01:24223 (siehe S. 15).
- Millett, Scott und Tune, Nick (2015). *Patterns, principles, and practices of domain-driven design*. Indianapolis, IN: John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-1-118-71465-2 (siehe S. 105).
- Mittal, Megha und Sureka, Ashish (2014). „Process mining software repositories from student projects in an undergraduate software engineering course“. In: *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering - ICSE Companion 2014*. ICSE Companion 2014. Hyderabad, India: ACM, S. 344–353. DOI: 10.1145/2591062.2591152 (siehe S. 65 f., 73 f., 139, 246, 443 f.).
- Moldt, Daniel (Aug. 1996). „Höhere Petrinetze als Grundlage für Systemspezifikationen“. Dissertation. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 218).
- Moldt, Daniel (Sep. 1998). „System Engineering and Validation“. In: *Systems Engineering: A Petri Net Based Approach to Modelling, Verification, and Implementation, MATCH Advanced School, Jaca, Spain*. Hrsg. von Girault, C. und Valk, Rüdiger (siehe S. 9).
- Moldt, Daniel (Aug. 2005). „Petrinetze als Denkzeug“. In: *Object Petri Nets, Processes, and Object Calculi*. Hrsg. von Farwer, Berndt und Moldt, Daniel. Bericht des Fachbereichs Informatik FBI-HH-B-265/05. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, S. 51–70 (siehe S. 37, 54, 200, 220).
- Moldt, Daniel (2006). „PAOSE: A Way to Develop Distributed Software Systems Based on Petri Nets and Agents“. In: *Proceedings of The Fourth International Workshop on Modelling, Simulation, Verification and Validation of Enterprise Information Systems (MSVVEIS'06), May 23-24, 2006 – Paphos, Cyprus 2006*. Hrsg. von Barjis, Joseph; Ultes-Nitsche, Ulrich und Augusto, Juan C., S. 1–2 (siehe S. 45).
- Moldt, Daniel; Johnsen, Jonte; Streckenbach, Relana; Clasen, Laif-Oke; Haustermann, Michael; Heinze, Alexander u. a. (2023). „RENEW: Modularized Architecture and New Features“. In: *Application and Theory of Petri Nets and Concurrency - 44th International Conference, PETRI NETS 2023, Lisbon, Portugal, June 25-30, 2023, Proceedings*. Hrsg. von Gomes, Luís und Lorenz, Robert. Bd. 13929. Lecture Notes in Computer Science. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, S. 217–228. DOI: 10.1007/978-3-031-33620-1_12 (siehe S. 47).
- Moldt, Daniel und Wienberg, Frank (1997). „Multi-Agent-Systems based on Coloured Petri Nets“. In: *Application and Theory of Petri Nets 1997, 18th International Conference, ICATPN '97, Toulouse, France, June 23-27, 1997, Proceedings*. Hrsg. von Azéma, Pierre und Balbo, Gianfranco. Lecture Notes in Computer Science 1248. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, S. 82–101 (siehe S. 44).
- Molinari, Andrea (2021a). „Project Management and Learning Environment: A Case Study“. In: *Journal of Visual Language and Computing* 2021.2, S. 21–32. DOI: 10.18293/jvlc2021-n2-020 (siehe S. 55, 216).
- Molinari, Andrea (2021b). „Towards a Project Management-Enabled Learning Environment: A Case Study (S)“. In: *The 27th International DMS Conference on Visualization and Visual Languages, DMSVIVA 2021, KSIR Virtual Conference Center, USA*,

- June 29-30, 2021. Hrsg. von Chang, Shi-Kuo. KSI Research Inc., S. 104–109. DOI: 10.18293/dmsviva21-020 (siehe S. 3, 55 f., 79 f., 443, 445, 468).
- Moodle - Rollen (2024). *Rollen verwalten*. URL: https://docs.moodle.org/402/de/Rollen_verwalten (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 438).
- Moreno, Maria; Gueye, Mamadou Lamine und Exposito, Ernesto (2021). „Process Mining Model to visualize and analyze the Learning Process“. In: *Research in Enineering Education Network (REEN)*, S. 754–762. DOI: 10.52202/066488-0083 (siehe S. 69).
- Mosteller, David (Dez. 2010). „Entwicklung eines Werkzeugs zur Modellierung der initialen Wissensbasen und Rollen-Abhängigkeiten in Multiagentenanwendungen im Kontext von PAOSE / MULAN“. Bachelorarbeit. Universität Hamburg, Department Informatik (siehe S. 40 f.).
- Mougiakou, Sofia; Vinatsella, Dimitra; Sampson, Demetrios; Papamitsiou, Zacharoula; Giannakos, Michail und Ifenthaler, Dirk (2023). „Teaching Analytics“. In: *Educational Data Analytics for Teachers and School Leaders*. Cham: Springer International Publishing, S. 189–235. ISBN: 978-3-031-15266-5. DOI: 10.1007/978-3-031-15266-5_4 (siehe S. 18).
- MSR23 (2024). *Mining Software Repositories 2023. 20th International Conference on Mining Software Repositories (MSR 2023)*. URL: <https://conf.researchr.org/home/msr-2023> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 73).
- Muslim, Arham (2018). „OpenLAP: a user-centered open learning analytics platform, framework“. Diss. 201 S. DOI: 10.18154/RWTH-2019-00061 (siehe S. 65, 76, 79, 443 f.).
- Muslim, Arham; Chatti, Mohamed Amine und Guesmi, Mouadh (2020). „Open Learning Analytics: A Systematic Literature Review and Future Perspectives“. In: *Artificial Intelligence Supported Educational Technologies*. Cham: Springer International Publishing, S. 3–29. ISBN: 978-3-030-41099-5. DOI: 10.1007/978-3-030-41099-5_1 (siehe S. 64 f.).
- Nemeth, Evi; Snyder, Garth; Hein Trent, R.; Whaley, Ben und Mackin, Dan (2017). *Unix and Linux System Administration Handbook*. 5. Aufl. Addison-Wesley Professional. 1232 S. ISBN: 978-0-134-27755-4 (siehe S. 43).
- Nguyen, Andy; Gardner, Lesley und Sheridan, Don (2020). „A Design Methodology for Learning Analytics Information Systems: Informing Learning Analytics Development with Learning Design“. In: *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference on System Sciences, S. 108–117. DOI: 10.24251/hicss.2020.014 (siehe S. 3, 6, 98).
- Nguyen, Andy; Tuunanen, Tuure; Gardner, Lesley und Sheridan, Don (2021). „Design principles for learning analytics information systems in higher education“. In: *European Journal of Information Systems* 30.5, S. 541–568. ISSN: 0960-085X. DOI: 10.1080/0960085x.2020.1816144 (siehe S. 4, 468).
- Nguyen, Andy; Wandabwa, Herman; Rasco, Aldrich und Le, Lan Anh (2021). „A Framework for Designing Learning Analytics Information Systems“. In: *Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference

- on System Sciences, S. 4–13. DOI: 10.24251/hicss.2021.002 (siehe S. 6, 17, 63, 75 f., 423, 429, 440 f., 443, 446).
- OMG (2014). *Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0.2*. Object Management Group. URL: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2> (siehe S. 39, 54 f.).
- Opel, S.; Netzer, C. und Desel, J. (2023). „Adaption von Lernwegen in adaptierten Lehrmaterialien für Studierende mit Berufsausbildungsabschluss (überarbeitete und erweiterte Fassung)“. In: *Hochschuldidaktik Informatik HDI 2021*. Hrsg. von Desel, Jörg; Opel, Simone und Siegeris, Juliane. 13. Universitätsverlag Potsdam, S. 91–114 (siehe S. 52).
- Ortega, Angel Cobo; Blanco, Rocío Rocha und Diaz, Yurlenis Álvarez (2014). „Educational Data Mining: User Categorization in Virtual Learning Environments“. In: *Soft Computing for Business Intelligence*. Hrsg. von Espin, Rafael; Pérez, Rafael Bello; Cobo, Angel; Marx, Jorge und Valdés, Ariel Racet. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 225–237. ISBN: 978-3-642-53737-0. DOI: 10.1007/978-3-642-53737-0_16 (siehe S. 5, 70, 453, 477).
- Pardo, Abelardo (2014). „Designing Learning Analytics Experiences“. In: *Learning Analytics: From Research to Practice*. Hrsg. von Larusson, Johann Ari und White, Brandon. New York, NY: Springer New York, S. 15–38. ISBN: 978-1-4614-3305-7. DOI: 10.1007/978-1-4614-3305-7_2 (siehe S. 64).
- Paredes, Yancy Vance; Siegle, Robert F.; Hsiao, I-Han und Craig, Scotty D. (2020). „Educational Data Mining and Learning Analytics for Improving Online Learning Environments“. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 64.1, S. 500–504. ISSN: 1071-1813. DOI: 10.1177/1071181320641113 (siehe S. 151 f.).
- Patil, D. J. (2012). *Data Jujitsu. The Art of Turning Data into Product*. O’Reilly Media, Inc. 26 S. ISBN: 978-1-449-34112-1 (siehe S. 405).
- Peffers, Ken; Tuunanen, Tuure; Rothenberger, Marcus A. und Chatterjee, Samir (2007). „A Design Science Research Methodology for Information Systems Research“. In: *Journal of Management Information Systems* 24.3, S. 45–77. ISSN: 0742-1222. DOI: 10.2753/mis0742-1222240302 (siehe S. 10, 96, 99).
- Peña-Ayala, Alejandro (2018). „Learning analytics: A glance of evolution, status, and trends according to a proposed taxonomy“. In: *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 8.3. ISSN: 1942-4787. DOI: 10.1002/widm.1243 (siehe S. 16, 64).
- Peng, Roger D. und Matsui, Elizabeth (2017). *The Art of Data Science*. URL: <https://bookdown.org/rdpeng/artofdatascience/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 20, 27, 435).
- Petri, Carl Adam (1962). *Kommunikation mit Automaten*. Dissertation, Schriften des IIM 2. Bonn: Rheinisch-Westfälisches Institut für Instrumentelle Mathematik an der Universität Bonn (siehe S. 38).
- pgAdmin Community (2024). *pgAdmin – PostgreSQL Tools*. URL: <https://www.pgadmin.org/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 292).
- PMI, Hrsg. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. 7. Aufl. Newtown Square, PA: Project Management Institute. ISBN: 978-1-935589-67-9 (siehe S. 56).

- Pokahr, Alexander; Braubach, Lars und Lamersdorf, Winfried (2005). „Jadex: A BDI Reasoning Engine“. In: *Multi-Agent Programming: Languages, Platforms and Applications*. Hrsg. von Bordini, Rafael H.; Dastani, Mehdi; Dix, Jürgen und El Fallah Seghrouchni, Amal. Book chapter. Boston, MA: Springer US, S. 149–174. ISBN: 978-0-387-26350-2. DOI: 10.1007/0-387-26350-0_6 (siehe S. 225).
- Pokhrel, Jeevan und Awasthi, Aruna (2021). „Effectiveness of Dashboard and Intervention Design“. In: *Visualizations and Dashboards for Learning Analytics*. Hrsg. von Sahin, Muhittin; Ifenthaler, Dirk; Sahin, Muhittin und Ifenthaler, Dirk. Cham: Springer International Publishing, S. 93–116. ISBN: 978-3-030-81222-5. DOI: 10.1007/978-3-030-81222-5_5 (siehe S. 72, 454).
- Poncin, Wouter; Serebrenik, Alexander und Brand, Mark van den (2011). „Process Mining Software Repositories“. In: *2011 15th European Conference on Software Maintenance and Reengineering*. IEEE, S. 5–14. DOI: 10.1109/csmr.2011.5 (siehe S. 74).
- Poquet, Oleksandra; Lim, Lisa-Angelique und Laat, Maarten de (2022). „Learning Analytics in the Corporate Sector: What Business Leaders Say?“ In: *IEEE Transactions on Learning Technologies* 15.5, S. 605–619. ISSN: 1939-1382. DOI: 10.1109/tlt.2022.3164783 (siehe S. 479).
- Prada, Miguel Angel; Dominguez, Manuel; Vicario, Jose Lopez; Alves, Paulo Alexandre Vara; Barbu, Marian; Podpora, Michal u. a. (2020). „Educational Data Mining for Tutoring Support in Higher Education: A Web-Based Tool Case Study in Engineering Degrees“. In: *IEEE Access* 8, S. 212818–212836. ISSN: 2169-3536. DOI: 10.1109/access.2020.3040858 (siehe S. 79).
- Press, Gil (2016). *Cleaning Big Data: Most Time-Consuming, Least Enjoyable Data Science Task, Survey Says*. URL: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/#33d344256f63> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 407).
- ProM Tools (2024a). *Free online courses with ProM*. URL: <https://promtools.org/free-online-courses-with-prom/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 302).
- ProM Tools (2024b). *ProM Documentation*. URL: <https://promtools.org/prom-documentation/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 302).
- ProM Tools (2024c). *ProM Framework*. URL: <https://promtools.org/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 43, 69, 300, 435, 440, 450).
- Qlik (2024). *ETL vs ELT*. Qlik. URL: <https://www.qlik.com/us/etl/etl-vs-elt> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 242 f.).
- Quesada, Jeronimo; Calvo, Isidro; Sancho, Javier; Sainz, Jose Antonio; Sanchez, Jesus; Gil-Garcia, Jose Miguel u. a. (2013). „Combining moodle and redmine as e-learning tools in Project Based Learning of Industrial Electronics“. In: *2013 7th IEEE International Conference on e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)*. IEEE, S. 86–91. DOI: 10.1109/icelie.2013.6701278 (siehe S. 55).
- Ranjan, Vikash (2009). „A Comparative Study between ETL (Extract-Transform-Load) and ELT (Extract-Load-Transform) approach for loading data into a Data Warehouse“.

- In: *CSCI 693 Research Paper*. Chico, CA: California State University (siehe S. 30, 242 f., 297).
- Rao, Anand S. und Georgeff, Michael P. (1991). „Modeling Rational Agents within a BDI-Architecture“. In: *Proceedings of the Second International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*. KR'91. Cambridge, MA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., S. 473–484. ISBN: 1-558-60165-1 (siehe S. 34).
- Raza, Syed A.; Qazi, Wasim; Khan, Komal Akram und Salam, Javeria (2020). „Social Isolation and Acceptance of the Learning Management System (LMS) in the time of COVID-19 Pandemic: An Expansion of the UTAUT Model“. In: *Journal of Educational Computing Research* 59.2, S. 183–208. ISSN: 0735-6331. DOI: 10.1177/0735633120960421 (siehe S. 15).
- Reimann, Peter; Hesse, Friedrich; Freebody, Peter; Cierniak, Gabriele; Brucker, Birgit; Wasson, Barbara u. a. (2012). „Supporting teachers in capturing and analyzing learning data in the technology-rich classroom“. In: *The Future of Learning: Proceedings of the 10th International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2012)* 2. Hrsg. von Aalst, Jan van; Thompson, Kate; Jacobson, Michael J. und Reimann, Peter, S. 33–40 (siehe S. 6).
- Restic Authors (2024a). *Restic - Backups done right!* URL: <https://restic.net/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 315).
- Restic Authors (2024b). *Restic Documentation*. URL: <https://restic.readthedocs.io/en/stable/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 315).
- Rienties, B.; Boroowa, A.; Cross, S.; Kubiak, C.; Mayles, K. und Murphy, S. (2016). „Analytics4Action Evaluation Framework: A Review of Evidence-Based Learning Analytics Interventions at the Open University UK“. In: *Journal of Interactive Media in Education* 2016.1. DOI: 10.5334/jime.394 (siehe S. 72).
- Rienties, Bart; Cross, Simon und Zdráhal, Zdenek (2017). „Implementing a Learning Analytics Intervention and Evaluation Framework: What Works?“ In: *Big Data and Learning Analytics in Higher Education: Current Theory and Practice*. Hrsg. von Kei Daniel, Ben. Cham: Springer International Publishing, S. 147–166. ISBN: 978-3-319-06520-5. DOI: 10.1007/978-3-319-06520-5_10 (siehe S. 72).
- Riese, Emma; Lorås, Madeleine; Ukrop, Martin und Effenberger, Tomáš (2021). „Challenges Faced by Teaching Assistants in Computer Science Education Across Europe“. In: *Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*. ITiCSE '21. Virtual Event, Germany: ACM, S. 547–553. DOI: 10.1145/3430665.3456304 (siehe S. 5, 124, 128).
- Ringelmann, M. (1913). „Recherches sur les moteurs animés: Travail de l'homme [Research on animate sources of power: The work of man]“. In: *Annales de l'Institut National Agronomique* 2e serie—tome XII, S. 1–40 (siehe S. 227).
- Riofrio, Guido; Encalada, Eduardo; Guaman, Daniel und Aguilar, Jose (2015). „Business intelligence applied to learning analytics in student-centered learning processes“. In: *2015 Latin American Computing Conference (CLEI)*. IEEE, S. 1–10. DOI: 10.1109/clei.2015.7360045 (siehe S. 6, 67, 139).

- Rocket.Chat (2023). *Rocket.Chat 1.0 is ready to take off*. URL: <https://www.rocket.chat/blog/rocket-chat-1-0-is-ready-to-take-off> (besucht am 03.03.2023) (siehe S. 283).
- Röder, Christian (Okt. 2016). „Entwicklung eines Netzplantechnik-Plugins für Renew und eine prototypische Einbettung von Netzplantechnik in den PAOSE-Softwareentwicklungsansatz“. Diplomarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 219).
- Rodrigues, Marcos Wander; Isotani, Seiji und Zárata, Luiz Enrique (2018). „Educational Data Mining: A review of evaluation process in the e-learning“. In: *Telematics and Informatics* 35.6, S. 1701–1717. ISSN: 0736-5853. DOI: 10.1016/j.tele.2018.04.015 (siehe S. 5, 64, 126, 130, 139).
- Rölke, Heiko (2004). *Modellierung von Agenten und Multiagentensystemen – Grundlagen und Anwendungen*. Bd. 2. Agent Technology – Theory and Applications. Berlin: Logos Verlag. 287 S. URL: <http://logos-verlag.de/cgi-bin/engbuchmid?isbn=0768&lng=eng&id=> (besucht am 01.08.2025) (siehe S. 9, 34 ff., 45).
- Romero, Cristóbal; Romero, José Raúl und Ventura, Sebastián (2014). „A Survey on Pre-Processing Educational Data“. In: *Educational Data Mining: Applications and Trends*. Hrsg. von Peña-Ayala, Alejandro. Cham: Springer International Publishing, S. 29–64. ISBN: 978-3-319-02738-8. DOI: 10.1007/978-3-319-02738-8_2 (siehe S. 66, 235).
- Romero, Cristóbal und Ventura, Sebastian (2012). „Data mining in education“. In: *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 3.1, S. 12–27. ISSN: 1942-4787. DOI: 10.1002/widm.1075 (siehe S. 3).
- Romero, Cristóbal und Ventura, Sebastian (2020). „Educational data mining and learning analytics: An updated survey“. In: *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 10.3. ISSN: 1942-4787. DOI: 10.1002/widm.1355 (siehe S. 3, 16 f., 64, 431).
- Ruipérez-Valiente, José A.; Merino, Pedro; Leony, Derick und Delgado-Kloos, Carlos (2014). „ALAS-KA: A learning analytics extension for better understanding the learning process in the Khan Academy platform“. In: *Computers in Human Behavior* 47, S. 139–148. ISSN: 0747-5632. DOI: 10.1016/j.chb.2014.07.002 (siehe S. 17, 80).
- Ruiz, A.; Panach, J. I.; Pastor, O.; Giraldo, F. D.; Arciniegas, J. L. und Giraldo, W. J. (2018). „Designing the Didactic Strategy Modeling Language (DSML) From PoN: An Activity Oriented EML Proposal“. In: *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje* 13.4, S. 136–143. ISSN: 1932-8540. DOI: 10.1109/rita.2018.2879262 (siehe S. 51).
- Ruiz-Calleja, Adolfo; Prieto, Luis P.; Ley, Tobias; Rodriguez-Triana, Maria Jesus und Dennerlein, Sebastian (2021). „Learning Analytics for Professional and Workplace Learning: A Literature Review“. In: *IEEE Transactions on Learning Technologies* 14.3, S. 353–366. ISSN: 1939-1382. DOI: 10.1109/tlt.2021.3092219 (siehe S. 479).
- Runkler, Thomas A. (2016). *Data Analytics. Models and Algorithms for Intelligent Data Analysis*. 2. Aufl. Springer Vieweg Wiesbaden. 150 S. ISBN: 978-3-658-14075-5. DOI: 10.1007/978-3-658-14075-5 (siehe S. 21, 27, 29 f., 486).

- Rustici, Mike (2017). *What's a Learning Analytics Platform?* URL: <https://www.watershedlrs.com/blog/learning-analytics/what-is-a-learning-analytics-platform/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 79).
- Şahin, Muhittin und Ifenthaler, Dirk (2021a). *Visualizations and Dashboards for Learning Analytics*. Hrsg. von Şahin, Muhittin und Ifenthaler, Dirk. Cham: Springer International Publishing. 611 S. ISBN: 978-3-030-81221-8. DOI: 10.1007/978-3-030-81222-5 (siehe S. 68).
- Şahin, Muhittin und Ifenthaler, Dirk (2021b). „Visualizations and Dashboards for Learning Analytics: A Systematic Literature Review“. In: *Visualizations and Dashboards for Learning Analytics*. Hrsg. von Şahin, Muhittin und Ifenthaler, Dirk. Cham: Springer International Publishing, S. 3–22. ISBN: 978-3-030-81222-5. DOI: 10.1007/978-3-030-81222-5_1 (siehe S. 68).
- Şahin, Muhittin und Yurdugül, Halil (2020). „The Framework of Learning Analytics for Prevention, Intervention, and Postvention in E-Learning Environments“. In: *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Hrsg. von Ifenthaler, Dirk und Gibson, David. Cham: Springer International Publishing, S. 53–69. ISBN: 978-3-030-47392-1. DOI: 10.1007/978-3-030-47392-1_4 (siehe S. 65, 78, 430).
- Sakr, Sherif und Zomaya, Albert Y., Hrsg. (2019). *Encyclopedia of Big Data Technologies*. Cham: Springer International Publishing. 1820 S. ISBN: 978-3-319-77524-1. DOI: 10.1007/978-3-319-77525-8 (siehe S. 29).
- Sankar, Chetan und Clayton, Howard (2012). „An Evaluation of Use of Multimedia Case Studies to Improve an Introduction to Information Technology Course“. In: *Advancing Education with Information Communication Technologies: Facilitating New Trends*. Hrsg. von Tomei, Lawrence A. Hershey, PA: IGI Global Scientific Publishing, S. 218–230. DOI: 10.4018/978-1-61350-468-0.ch018 (siehe S. 5, 139).
- Santos, Márcio António Filipe (2019). „Integrating Outlier Detection into Pentaho Data Integration“. Masterarbeit. Técnico Lisboa. URL: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090418605/76338-marcio-santos_dissertacao.pdf (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 408).
- Scheidig, Falk und Holmeier, Monika (2021). „Learning Analytics aus institutioneller Perspektive: Ein Orientierungsrahmen für die hochschulische Datennutzung“. In: *Digitalisierung in Studium und Lehre gemeinsam gestalten: Innovative Formate, Strategien und Netzwerke*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 215–231. ISBN: 978-3-658-32849-8. DOI: 10.1007/978-3-658-32849-8_13 (siehe S. 23).
- Schmitz, Dennis (Feb. 2016). „Neugestaltung von Lernmaterialien zur Unterstützung der Lehrenden und Lernenden in der petrinetzbasierten und agentenorientierten Softwareentwicklung“. Masterarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 9, 34 ff., 38 f., 44 ff., 57, 495).
- Schmitz, Dennis; Feldmann, Matthias und Moldt, Daniel (2020). „Analyzing Software Engineering Courses with Process Mining and Business Intelligence“. In: *Proceedings of the International Workshop on Petri Nets and Software Engineering co-located with 41st International Conference on Application and Theory of Petri Nets and Concurrency (PETRI NETS 2020), Paris, France, June 24, 2020 (due to COVID-19: virtu-*

- al conference). Hrsg. von Köhler-Bußmeier, Michael; Kindler, Ekkart und Rölke, Heiko. Bd. 2651. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org, S. 220–221. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2651/posterextabs4.pdf> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 450, 497).
- Schmitz, Dennis und Moldt, Daniel (2018). „Ein Lehr- und Lernkonzept für die Softwareentwicklung im Team“. In: *Hochschuldidaktik der Informatik - HDI 2018 - 8. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik, Frankfurt, Germany, September 12-13, 2018*. Hrsg. von Bergner, Nadine; Röpke, René; Schroeder, Ulrik und Krömker, Detlef. Universitätsverlag Potsdam, S. 63–78. ISBN: 978-3-86956-435-7 (siehe S. 9, 45 f., 57, 218, 450, 496).
- Schmitz, Dennis; Moldt, Daniel; Cabac, Lawrence; Mosteller, David und Haustermann, Michael (2016). „Utilizing Petri Nets for Teaching in Practical Courses on Collaborative Software Engineering“. In: *16th International Conference on Application of Concurrency to System Design, ACSD 2016, Toruń, Poland, June 19-24, 2016*. Hrsg. von Desel, Jörg und Yakovlev, Alex. IEEE Computer Society, S. 74–83. DOI: 10.1109/ACSD.2016.21 (siehe S. 9, 45, 51, 57, 218, 329, 450, 495).
- Schmitz, Dennis; Moldt, Daniel; Haustermann, Michael; Mosteller, David und Röder, Christian (2018). „Team Coordination Based on Causal Nets with Synchronous Channels“. In: *18th International Conference on Application of Concurrency to System Design, ACSD 2018, Bratislava, Slovakia, June 27-29, 2018*. IEEE Computer Society, S. 60–69. ISBN: 978-1-5386-7013-2. DOI: 10.1109/ACSD.2018.00009 (siehe S. 9, 218 f., 231, 496).
- Schulz, Michael; Neuhaus, Uwe; Kaufmann, Jens; Kühnel, Stephan; Alekozai, Emal M.; Rohde, Heiko u. a. (2022). *DASC-PM v1.1 - Ein Vorgehensmodell für Data-Science-Projekte*. Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt. DOI: 10.25673/85296 (siehe S. 432–435, 439).
- Sclater, Niall (2014). *Learning analytics using business intelligence systems*. Jisc. URL: <https://analytics.jiscinvolve.org/wp/2014/10/22/learning-analytics-using-business-intelligence-systems/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 67).
- Sclater, Niall (2016). „Developing a Code of Practice for Learning Analytics“. In: *Journal of Learning Analytics* 3.1, S. 16–42. ISSN: 1929-7750. DOI: 10.18608/jla.2016.31.3 (siehe S. 23 f.).
- Sclater, Niall (2018). *Code of practice for learning analytics*. URL: http://repository.jisc.ac.uk/6985/1/Code_of_Practice_for_learning_analytics.pdf (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 23, 416).
- Scott, W. Richard (2003). *Organizations. Rational, natural and open systems*. 5. Aufl. Upper Saddle River, NJ [u.a.]: Prentice Hall. 430 S. ISBN: 0-131-21803-4 (siehe S. 37).
- Scott, W. Richard (2007). *Institutions and organizations. Ideas and interests*. 3. Aufl. Los Angeles, CA: SAGE Publications Inc. 266 S. ISBN: 978-1-412-95090-9 (siehe S. 37).
- Scotto, Marco; Sillitti, Alberto und Succi, Giancarlo (2007). „An Empirical Analysis of the Open Source Development Process Based on Mining of Source Code Repositories“. In: *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering* 17.2, S. 231–247. ISSN: 0218-1940. DOI: 10.1142/s0218194007003215 (siehe S. 74).

- Scrum.org (2024). *What is Scrum?* URL: <https://www.scrum.org/resources/what-scrum-module> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 54).
- Shacklock, Xanthe (2016). *From Bricks to Clicks: The Potential of Data and Analytics in Higher Education*. Policy Connect, London: Higher Education Commission. 76 S. URL: <https://www.policyconnect.org.uk/research/report-bricks-clicks-potential-data-and-analytics-higher-education> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 64).
- Shum, Simon Buckingham (2023). „Embedding Learning Analytics in a University: Boardroom, Staff Room, Server Room, Classroom“. In: *Practicable Learning Analytics*. Hrsg. von Viberg, Olga und Grönlund, Åke. Cham: Springer International Publishing, S. 17–33. ISBN: 978-3-031-27646-0. DOI: 10.1007/978-3-031-27646-0_2 (siehe S. 129).
- Shum, Simon Buckingham; Littlejohn, Allison; Kitto, Kirsty und Crick, Ruth (2022). „Framing Professional Learning Analytics as Reframing Oneself“. In: *IEEE Transactions on Learning Technologies* 15.5, S. 634–649. ISSN: 1939-1382. DOI: 10.1109/TLT.2022.3190055 (siehe S. 479).
- Siemens, George; Gašević, Dragan; Haythornthwaite, Caroline; Dawson, Shane; Buckingham Shum, Simon; Ferguson, Rebecca u. a. (2011). *Open Learning Analytics: an integrated modularized platform*. Techn. Ber. URL: <https://www.solaresearch.org/core/open-learning-analytics-an-integrated-modularized-platform/> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 64 f.).
- Simic, Dejan (März 2023). „Untersuchung der Auswirkung von Anpassungsvorschlägen für das Verhalten von Personen in projektbasierten Lehrveranstaltungen auf der Grundlage pseudonymisierter Datenanalysen mithilfe von Business Intelligence und Process Mining“. Bachelorarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 67, 300, 345, 350, 354, 361 f., 374 f., 377, 396, 399, 401, 405, 427 f., 454).
- Simic, Dejan; Leible, Stephan; Schmitz, Dennis; Gücük, Gian-Luca und Kučević, Emir (2023). „Enhancing Project-based Learning through Data-driven Analysis and Visualisation: A Case Study“. In: *ACIS 2023 Proceedings 139*. URL: <https://aisel.aisnet.org/acis2023/139> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 346, 374 f., 396, 404, 427 f., 497).
- Sims, Lisa (2021). „Learning Management Systems“. In: *Effective Digital Learning: Transforming Traditional Learning Models to a Virtual World*. Berkeley, CA: Apress, S. 33–42. ISBN: 978-1-4842-6864-3. DOI: 10.1007/978-1-4842-6864-3_5 (siehe S. 15 f., 488).
- Sinha, Vibha S.; Sengupta, Bikram und Ghosal, Sugata (2007). „An Adaptive Tool Integration Framework to Enable Coordination in Distributed Software Development“. In: *International Conference on Global Software Engineering (ICGSE 2007)*. IEEE, S. 151–155. DOI: 10.1109/icgse.2007.8 (siehe S. 59).
- Sint, Rolf; Stroka, Stephanie; Schaffert, Sebastian und Ferstl, Roland (2009). „Combining Unstructured, Fully Structured and Semi-Structured Information in Semantic Wikis“. In: *4th Semantic Wiki Workshop (SemWiki 2009) at the 6th European Semantic Web Conference (ESWC 2009), Hersonissos, Greece, June 1st, 2009. Proceedings*. Hrsg. von Lange, Christoph; Schaffert, Sebastian; Skaf-Molli, Hala und Völkel, Max. Bd. 464. CEUR Workshop Proceedings. CEUR-WS.org (siehe S. 24).

- Sklar, Elizabeth; Davies, Mathew und Co, Min San Tan (2004). „SimEd: Simulating Education as a Multi Agent System“. In: S. 998–1005. DOI: 10.1109/AAMAS.2004.10280 (siehe S. 50, 437, 476).
- Soltanpoor, Reza (2018). „An Integrated Framework For Learning Analytics“. Diss. School of Science, College of Science, Engineering, and Health, RMIT University, URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/189991332.pdf> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 75, 423, 429 f., 455).
- Srikant, Ramakrishnan und Agrawal, Rakesh (1996). „Mining sequential patterns: Generalizations and performance improvements“. In: *Advances in Database Technology — EDBT '96*. Hrsg. von Apers, Peter; Bouzeghoub, Mokrane und Gardarin, Georges. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 1–17. ISBN: 978-3-540-49943-5 (siehe S. 32).
- StackShare, Inc. (2023a). *Confluence*. URL: <https://stackshare.io/confluence> (besucht am 08.03.2023) (siehe S. 276).
- StackShare, Inc. (2023b). *Jira*. URL: <https://stackshare.io/jira> (besucht am 08.03.2023) (siehe S. 274).
- Stefanova, Kamelia und Kabakchieva, Dorina (2017). „Educational data mining perspectives within university big data environment“. In: *International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2017, Madeira Island, Portugal, June 27-29, 2017*. IEEE, S. 264–270. DOI: 10.1109/ice.2017.8279898 (siehe S. 6).
- Sun, Weijie; Iwuchukwu, Samuel; Bangash, Abdul Ali und Hindle, Abram (2023). „An Empirical Study to Investigate Collaboration Among Developers in Open Source Software (OSS)“. In: *20th IEEE/ACM International Conference on Mining Software Repositories, MSR 2023, Melbourne, Australia, May 15-16, 2023*. IEEE, S. 352–356. DOI: 10.1109/msr59073.2023.00054 (siehe S. 73).
- Sureka, Ashish; Kumar, Atul und Rama, Girish Maskeri (2014). „Kashvi: A Framework for Software Process Intelligence“. In: *Proceedings of the 20th International Conference on Management of Data*. COMAD '14. Hyderabad, India: Computer Society of India, S. 11–13 (siehe S. 74).
- SURF (2020). *Learning Analytics in 5 Steps: A Guide to the GDPR*. Hrsg. von Niels Westerlaken Jocelyn Manderveld, Floortje Jorna. URL: <https://www.surf.nl/en/learning-analytics-in-5-steps-a-guide-to-the-gdpr> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 78).
- Sypsas, Athanasios und Kalles, Dimitris (2022). „Reviewing Process Mining Applications and Techniques in Education“. In: *International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAIA)* 13.1, S. 83–102. ISSN: 0976-2191. DOI: 10.5121/ijaia.2022.13106 (siehe S. 68, 303).
- Taniar, David und Rahayu, Wenny (2022). *Data Warehousing and Analytics: Fueling the Data Engine*. Cham: Springer International Publishing. 635 S. ISBN: 978-3-030-81978-1. DOI: 10.1007/978-3-030-81979-8 (siehe S. 21, 28 ff., 485).
- Tarmazdi, Hamid; Vivian, Rebecca; Szabo, Claudia; Falkner, Katrina und Falkner, Nickolas (2015). „Using Learning Analytics to Visualise Computer Science Teamwork“. In:

- Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE '15. Vilnius, Lithuania: ACM, S. 165–170. DOI: 10.1145/2729094.2742613 (siehe S. 71, 139, 453, 477).
- Tell, Volker (März 2005). „Grundlagen für die prototypische Umsetzung eines Multiagentensystem basierten Leitmodells“. Diplomarbeit. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik (siehe S. 220).
- Tempelaar, Dirk; Nguyen, Quan und Rienties, Bart (2020). „Learning Analytics and the Measurement of Learning Engagement“. In: *Adoption of Data Analytics in Higher Education Learning and Teaching*. Hrsg. von Ifenthaler, Dirk und Gibson, David. Cham: Springer International Publishing, S. 159–176. ISBN: 978-3-030-47392-1. DOI: 10.1007/978-3-030-47392-1_9 (siehe S. 70, 72).
- Tepgeç, Mustafa und Ifenthaler, Dirk (2022). „Learning analytics based interventions: a systematic review of experimental studies“. In: *Proceedings of the 19th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA 2022) : Lisbon, Portugal, 8-9 [8-10] November, 2022*. Hrsg. von Sampson, Demetrios G.; Ifenthaler, Dirk und Isaías, Pedro. Lisbon: IADIS Press, S. 327–330 (siehe S. 72).
- The Apache Software Foundation (2024). *Apache Hop*. URL: <https://hop.apache.org/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 298).
- The PostgreSQL Global Development Group (2024). *PostgreSQL*. URL: <https://www.postgresql.org/> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 273, 282, 442).
- Topali, Paraskevi; Chounta, Irene-Angelica; Martínez-Monés, Alejandra und Dimitriadis, Yannis (2023). „Delving into instructor-led feedback interventions informed by learning analytics in massive open online courses“. In: *Journal of Computer Assisted Learning* 39.4, S. 1039–1060. ISSN: 0266-4909. DOI: 10.1111/jcal.12799 (siehe S. 72).
- TRAIL: TRAnsparent, InterpretabLe Robots* (2024). *TRAIL is a new Doctoral Network project as Marie Skłodowska-Curie Action funded by the European Commission 1.3.2023-28.2.2027*. European Commission. URL: <https://www.inf.uni-hamburg.de/en/inst/ab/wtm/research/trail.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 246).
- Ukwuoma, Chiagoziem C.; Bo, Chen; Chikwendu, Ijeoma A. und Bondzie-Selby, Emmanuel (2019). „Performance Analysis of Students Based on Data Mining Techniques: A Literature Review“. In: *2019 4th Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-iCON)*. IEEE, S. 1–5. DOI: 10.1109/times-icon47539.2019.9024396 (siehe S. 70).
- Universität Hamburg (2018). *Learning-Management-Systeme (LMS) an norddeutschen Hochschulen im Vergleich*. Techn. Ber. eBüro und AGORA-Team der Fakultät für Geisteswissenschaften. URL: <https://www.gw.uni-hamburg.de/service/elearning/berichte/lms-im-vergleich-final-2018-2-oeffentl-version.pdf> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 15).
- Universität Hamburg (2019). *Prüfungs- und Studienordnungen der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften - Fachspezifische Bestimmungen für den Studiengang Informatik (B.Sc.)* URL: <https://www.uni-hamburg.de/campuscenter/studienorganisation/ordnungen-satzungen/pruefungs-studienordnungen/mathematik->

- informatik-und-naturwissenschaften/20190403-fsb-min-bsc-informatik-38.pdf (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 14, 489 f.).
- Universität Hamburg (2023). *Glossar: Wichtige Begriffe im Studium*. URL: <https://www.uni-hamburg.de/campuscenter/studienorganisation/erstsemester/glossar.html> (besucht am 31.01.2024) (siehe S. 13).
- Valenzuela-Toledo, Pablo; Bergel, Alexandre; Kehrer, Timo und Nierstrasz, Oscar (2023). „EGAD: A moldable tool for GitHub Action analysis“. In: *2023 IEEE/ACM 20th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*. IEEE, S. 260–264. DOI: 10.1109/msr59073.2023.00044 (siehe S. 73).
- Valk, Rüdiger (1998). „Petri Nets as Token Objects - An Introduction to Elementary Object Nets“. In: *19th International Conference on Application and Theory of Petri nets, Lisbon, Portugal*. Hrsg. von Desel, Jörg und Silva, Manuel. Lecture Notes in Computer Science 1420. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, S. 1–25. DOI: 10.1007/3-540-69108-1_1 (siehe S. 38).
- Vázquez-Barreiros, Borja; Lama, Manuel; Mucientes, Manuel und Vidal, Juan C. (2014). „SoftLearn: A Process Mining Platform for the Discovery of Learning Paths“. In: *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*. IEEE, S. 373–375. DOI: 10.1109/icalt.2014.111 (siehe S. 80).
- Veletsianos, George und Navarrete, Cesar (2012). „Online Social Networks as Formal Learning Environments: Learner Experiences and Activities“. In: *The International Review of Research in Open and Distributed Learning* 13.1, S. 144–166. ISSN: 1492-3831. DOI: 10.19173/irrodl.v13i1.1078 (siehe S. 16).
- Verordnung (EU) 2016/679 (2016). *Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung)*. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/europaeische-datenschutzgrundverordnung.html> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 23).
- Vetrò, Antonio; Ognawala, Saahil; Fernández, Daniel Méndez und Wagner, Stefan (2015). „Fast Feedback Cycles in Empirical Software Engineering Research“. In: *37th IEEE/ACM International Conference on Software Engineering, ICSE 2015, Florence, Italy, May 16-24, 2015*. Hrsg. von Bertolino, Antonia; Canfora, Gerardo und Elbaum, Sebastian G. Bd. 2. IEEE Computer Society, S. 583–586. DOI: 10.1109/ICSE.2015.198 (siehe S. 455).
- Vidal, Juan C.; Vázquez-Barreiros, Borja; Lama, Manuel und Mucientes, Manuel (2016). „Recompiling learning processes from event logs“. In: *Knowledge-Based Systems* 100, S. 160–174. ISSN: 0950-7051. DOI: 10.1016/j.knosys.2016.03.003 (siehe S. 70).
- Villegas-Ch, William; Palacios-Pacheco, Xavier und Luján-Mora, Sergio (2020). „A Business Intelligence Framework for Analyzing Educational Data“. In: *Sustainability* 12.14. ISSN: 2071-1050. DOI: 10.3390/su12145745 (siehe S. 78).
- Vizgaitytė, Gintarė und Skyrius, Rimvydas (2012). „Business Intelligence In The Process Of Decision Making: Changes And Trends“. In: *Ekonomika* 91.3, S. 147–157. ISSN: 2424-6166. DOI: 10.15388/Ekon.2012.0.881 (siehe S. 30, 484).

- Wagner, Thomas (2018). „Petri Net-based Combination and Integration of Agents and Workflows“. Diss. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Fachbereich Informatik. URL: <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2018/8995/> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 52, 219).
- Wagner, Thomas; Schmitz, Dennis und Moldt, Daniel (2017). „Paffin: Implementing an Integration of Agents and Workflows“. In: *Multi-Agent Systems and Agreement Technologies - 14th European Conference, EUMAS 2016, and 4th International Conference, AT 2016, Valencia, Spain, December 15-16, 2016, Revised Selected Papers*. Hrsg. von Pacheco, Natalia Criado; Carrascosa, Carlos; Osman, Nardine und Inglada, Vicente Julián. Bd. 10207. LNCS. Springer, S. 67–75. ISBN: 978-3-319-59293-0. DOI: 10.1007/978-3-319-59294-7_7 (siehe S. 219, 495).
- Wang, Yu; Li, Tong; Geng, Congkai und Wang, Yihan (2019). „Evaluating Student Learning Effect Based on Process Mining“. In: *Applied Informatics - Second International Conference, ICAI 2019, Madrid, Spain, November 7-9, 2019, Proceedings*. Hrsg. von Florez, Hector; León, Marcelo; Nafria, José María Díaz und Belli, Simone. Bd. 1051. Communications in Computer and Information Science. Cham: Springer International Publishing, S. 59–72. DOI: 10.1007/978-3-030-32475-9_5 (siehe S. 69, 79, 443, 450).
- Weiss, Gerhard und Jakob, Ralf (22. Sep. 2004). *Agentenorientierte Softwareentwicklung: Methoden und Tools*. Xpert.press. Springer Berlin Heidelberg. 316 S. ISBN: 978-3-540-00062-4. DOI: 10.1007/b138124 (siehe S. 33, 411, 483).
- West, Deborah; Huijser, Henk und Heath, David (2016). „Putting an ethical lens on learning analytics“. In: *Educational Technology Research and Development* 64.5, S. 903–922. ISSN: 1042-1629. DOI: 10.1007/s11423-016-9464-3 (siehe S. 22).
- Wester-Ebbinghaus, Matthias (Dez. 2010). „Von Multiagentensystemen zu Multiorganisationssystemen – Modellierung auf Basis von Petrinetzen“. Dissertation. Vogt-Kölln Str. 30, D-22527 Hamburg: Universität Hamburg, Department Informatik. URL: <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/handle/ediss/3920> (besucht am 07.08.2025) (siehe S. 37, 52 f., 226).
- Whitelock-Wainwright, Alexander; Gašević, Dragan und Tejeiro, Ricardo (2017). „What do students want?: towards an instrument for students’ evaluation of quality of learning analytics services“. In: *Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference, Vancouver, BC, Canada, March 13-17, 2017*. Hrsg. von Hatala, Marek; Wise, Alyssa Friend; Winne, Phil; Lynch, Grace; Ochoa, Xavier; Molenaar, Inge u. a. ACM, S. 368–372 (siehe S. 76).
- Wooldridge, Michael J. und Jennings, Nicholas R. (1995). „Intelligent agents: theory and practice“. In: *Knowl. Eng. Rev.* 10.2, S. 115–152. DOI: 10.1017/S0269888900008122 (siehe S. 33 f., 483).

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 19. Februar 2024

Dennis Schmitz