

Die naturwissenschaftliche familiäre Lernumwelt
Quantität und Qualität von Interaktionen und ihre Zusammenhänge mit den naturwissen-
schaftlichen Kompetenzen der Kinder

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Erziehungswissenschaft
der Universität Hamburg

vorgelegt von
Henning Puls (geb. Dominke)

Berlin,
25. Mai 2025

Erstgutachterin: Prof. Dr. Mirjam Steffensky

Zweitgutachter: Prof. Dr. Daniel Schmerse

Drittgutachterin: Prof. Dr. Simone Lehl

Mündliche Gutachterin: Prof. Dr. Barbara Hänel-Faulhaber

Datum der Disputation: 27. März 2026

Danksagung

Zuallererst gilt mein tiefster Dank Mimi. Du hast mich mit nach Hamburg genommen, mich begleitet und beraten, wenn es nötig war. Du hattest immer ein offenes Ohr, dein Feedback war unbezahlbar, und die Feiern in eurem Garten waren wunderbare Momente, um zusammenzukommen. Ich habe es sehr zu schätzen gelernt, dass du uns, deinen Doktorierenden, so viele Freiheiten gelassen hast, dass wir uns ausprobieren und immer kreativ sein durften. Und doch hast du uns immer schnelles und gutes Feedback gegeben, wenn es zu kreativ wurde. Das ist mit Sicherheit keine Selbstverständlichkeit. Durch dich habe ich meine ersten Schritte in die Wissenschaft gemacht – vielleicht führt mein Weg ja später noch weiter. Ohne dich wäre all das nicht möglich gewesen, und dafür danke ich dir sehr.

Vielen Dank auch an Daniel: Mit dir (und Mimi und Jana) habe ich meine wissenschaftliche Reise im LESIC-Projekt begonnen, und ganz am Ende wird sie durch dein Zweitgutachten abgerundet. Vielen Dank, dass du das übernommen hast!

Ebenfalls möchte ich Frau Lehrl für das Drittgutachten und Frau Hänel-Faulhaber für das Übernehmen des mündlichen Gutachtens danken.

Ein herzliches Dankeschön an meine Kollegin Julia, die mich noch aus Studienzeiten kennt und mich durch die gesamte Promotion begleitet hat. An Ada, die nicht nur im Büro für Ablenkung gesorgt hat, wenn es stressig wurde, sondern mir eine liebe und wertvolle Freundin geworden ist. An Kara, die Kuchen backt, den selbst ich mag. An Katharina, die immer wertschätzend und offen ist. Und an Jessica, Tanja und Güler – für eure Unterstützung, eure Gespräche und euer Mitfiebern. Ihr habt diese Zeit so viel schöner gemacht.

Dem NaQua-Team – Elisa, Lars und Yvonne – danke ich für die inspirierende Zusammenarbeit, den Austausch und die großartige Unterstützung.

Ein besonderer Dank geht an alle Hilfskräfte, die mit ihrer Arbeit zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Meiner Familie und meinen Freunden danke ich von Herzen – für euer Verständnis, eure Geduld und eure Ermutigung. Und natürlich danke ich allen Bienen dieser Welt.

Ohne euch alle wäre diese Dissertation nicht möglich gewesen. Danke!

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis.....	II
1. Einleitung.....	1
2. Theoretischer Hintergrund.....	4
2.1 Naturwissenschaftliche Kompetenzen im frühkindlichen Alter.....	4
2.1.1 Entwicklung von inhaltlichem und prozessbezogenem Wissen.....	5
2.1.2 Entwicklung motivationaler Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften	6
2.1.3 Naturwissenschaftliche Lernprozesse.....	7
2.2 Einflussfaktoren der familiären Lernumwelt.....	9
2.3 Zusammenhang naturwissenschaftlicher Interaktionen mit den kindlichen Kompetenzen	11
2.3.1 Globale und domänenspezifische Eltern-Kind-Interaktionen	11
2.3.2 Naturwissenschaftliche Eltern-Kind-Interaktionen	14
2.3.3 Qualität naturwissenschaftlicher Eltern-Kind-Interaktionen	16
2.4 Einfluss distaler Merkmale auf die kindliche Entwicklung	23
2.4.1 Familiäre strukturelle Merkmale.....	23
2.4.2 Elterliche Orientierungen in den Naturwissenschaften	25
3. Forschungsfragen	27
4. Studie 1.....	30
5. Studie 2.....	51
6. Studie 3.....	83
7. Gesamtdiskussion.....	103
7.1 Beitrag zur Forschung.....	103
7.1.1 Übergeordnete Dimensionen der Interaktionsqualität und ihre Ausprägung.....	103
7.1.2 Zusammenhänge von Interaktionsqualität und -quantität mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder	107
7.1.3 Zusammenhänge von Interaktionsqualität und -quantität mit distalen familiären Merkmalen	111
7.2 Limitationen	112
7.3 Fazit und Ausblick.....	113
Literaturverzeichnis.....	119
Zusammenfassung (deutsch).....	136
Summary (English).....	139
Liste der Einzelarbeiten dieser Dissertation.....	142
Anhang: Ratingsystem aus Studie 3	143

Eidesstattliche Versicherung	179
Erklärung	179

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konzeptuelle Darstellung der familiären Lernumwelt, eigene Darstellung in Anlehnung an Anders & Oppermann (2024), Kluczniok et al. (2013), Steffensky (2017).	10
--	----

Abkürzungsverzeichnis

ECCE	European Child Care and Education
EPPE	The Effective Provision of Pre-school Education
EPPSE	The Effective Pre-school, Primary and Secondary Education
HLE	Home Learning Environment
NICHD ECCRN	National Institute of Child Health and Human Development Early Child Care Research Network
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PISA	Programme for International Student Assessment
SES	Socio-Economic Status (engl. sozioökonomischer Status)
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics
TIMSS	Trends in Mathematics and Science Study
ZPD	Zone of proximal development (Zone der nächsten Entwicklung)

1. Einleitung

Bereits früh sammeln Kinder erste Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen, sind neugierig und motiviert diese zu erkunden und eignen sich erstes Wissen über diese Phänomene an (Bell et al., 2009; Eshach, 2006). Diese Erfahrungen, das Wissen, aber auch die Neugierde und Motivation sich mit naturwissenschaftlichen Phänomenen zu beschäftigen, gelten als prädiktiv für die späteren naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder (Akerson et al., 2015; Bell et al., 2009; Eshach, 2006; Hadzigeorgiou, 2015; Patrick & Mantzicopoulos, 2015). Die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Kindern (d.h. anwendbares Wissen sowie motivationale Orientierungen) werden oftmals im Kontext formaler Lernumwelten betrachtet, wie dem Schul- oder Kitakontext. Einen Großteil ihrer Zeit verbringen Kinder jedoch außerhalb von Kita und Schule. Die familiäre Lernumwelt (*Home Learning Environment*, HLE) kann somit als ein weiterer wesentlicher Faktor für die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder angenommen werden (Junge et al., 2021; Lin & Schunn, 2016). Anders als in den Bereichen *Numeracy* oder *Literacy* ist die Rolle der HLE für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Kindern bislang allerdings nur wenig untersucht (z.B. Anders et al., 2012; Manolitsis et al., 2013; Niklas & Schneider, 2017; Skwarchuk et al., 2014; Wirth et al., 2023).

Die HLE wird oftmals als ein Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren konzeptualisiert, die einen direkten oder indirekten Einfluss auf die kindlichen Kompetenzen haben. Distale Faktoren wie strukturelle familiäre Merkmale (z.B. der sozioökonomische Status, SES) oder elterliche Orientierungen zur Förderung der Kinder werden als bedeutsame Einflüsse auf die kindlichen Kompetenzen eingeschätzt, hängen jedoch nur indirekt mit deren Entwicklung zusammen. Hingegen werden die unmittelbaren Interaktionen zwischen Elternteil und Kind als ein zentraler Faktor angesehen, die einen proximalen Einfluss auf die kindliche Kompetenzen haben und darüber hinaus die Effekte der distalen Faktoren auf die kindliche Entwicklung medieren (Grolig, 2020; Kluczniok et al., 2013; Niklas et al., 2020; Wirth et al., 2023). Dabei wird angenommen, dass die HLE in unterschiedlichen Domänen angesiedelt ist und die Kompetenzen des Kindes in der entsprechenden Domäne beeinflusst (Lehrl, 2018; Roßbach et al., 2024), z.B. im Sinne einer *Home Literacy* oder einer *Home Numeracy Environment* (Manolitsis et al., 2013; Skwarchuk et al., 2014; Wirth et al., 2023).

In der Domäne der Naturwissenschaften, im Sinne einer *Home Science Environment* (Bae et al., 2023), fokussierten sich bisherige Studien allerdings oftmals nur auf einzelne Merkmale der HLE. Dies umfasste z.B. den SES (X. He et al., 2023; Zhang et al., 2019) oder elterlichen Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften (Perera, 2014; Šimunović & Babarović, 2020) und deren Zusammenhänge mit den kindlichen Kompetenzen. Hingegen ist die Rolle der gemeinsamen Interaktionen in den Naturwissenschaften bislang nur wenig verstanden und wenig ist darüber bekannt, wie sie mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder zusammenhängen. Beispielsweise können in der HLE unterschiedlichste naturwissenschaftliche Interaktionen zwischen Elternteil und Kind vorliegen, z.B. im innerhäuslichen und außerhäuslichen Bereich (X. He et al., 2023; Lin & Schunn, 2016), während spontan auftretender Interaktionen wie dem Beobachten eines Gewitters oder auch fokussierterer Aktivitäten wie dem Gärtnern, dem Vorlesen naturwissenschaftlicher Bücher, dem Experimentieren oder dem Recherchieren im Internet (Bell et al., 2009; Hall & Schaverien, 2001; Silander et al., 2018). Bislang ist allerdings unklar, wie z.B. deren Häufigkeiten mit den kindlichen Kompetenzen zusammenhängen oder ob die Häufigkeiten der unterschiedlichen Interaktionstypen differenzielle Effekte auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder haben. Dies steht im Gegensatz zu anderen Domänen, in welchen solche Zusammenhänge systematischer erkundet sind (Manolitsis et al., 2013; Sénéchal et al., 1998; Skwarchuk et al., 2014). Genauere Kenntnisse darüber könnten erste Hinweise liefern, welche Interaktionen in der HLE insbesondere bedeutsam für die naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder sind und konkretere Implikationen für die Praxis ableitbar machen. Weiterhin ist unklar, inwieweit

diese Interaktionen durch distale Faktoren wie den familiären SES oder die elterlichen Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften beeinflusst werden und deren Effekte wiederum auf die kindliche Entwicklung medieren, während solche Beziehungen im Rahmen der *Home Literacy* und *Home Numeracy Environment* bereits genauer erkundet sind (Bonifacci et al., 2021; Niklas & Schneider, 2017; Wirth et al., 2023). Genauere Kenntnisse für den naturwissenschaftlichen Kontext könnten wiederum Hinweise dazu liefern, welche Bedeutung die HLE für Kinder aus Familien mit geringerem SES hat, oder inwieweit die Orientierungen der Eltern (z.B. weniger positiven Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften) eine Bedeutung für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen ihrer Kinder haben. Auch dies könnte erste Implikationen für die Praxis ableitbar machen.

Es ist anzunehmen, dass die Befunde aus den anderen Domänen aufgrund der thematischen Verschiedenheiten nicht einfach auf den naturwissenschaftlichen Kontext übertragbar sind. Beispielsweise könnten für Eltern das Zählen und Rechnen, Lesen und Schreiben offensichtlichere Förderbereiche darstellen, während naturwissenschaftliche Themen (wie das Weltall, Dinosaurier, das Pflanzenwachstum) wesentlich breiter aufgestellt sind und für Eltern unklar sein könnte, welche Aspekte für die Kinder besonders wichtig sind. Eltern könnten oftmals weniger positiven Erfahrungen in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern aus der Schulzeit haben (Kaya & Lundeen, 2010; Shymansky et al., 2000). Dies könnte sich auf ein oftmals geringeres Selbstkonzept in den Naturwissenschaften als in anderen Domänen auswirken (Silander et al., 2018; Sonnenschein et al., 2022). Zudem nehmen Eltern die naturwissenschaftlichen Themen in der HLE oftmals als weniger wichtig oder als zu schwer für jüngere Kinder wahr als Themen in anderen Domänen (Saçkes, 2014; Silander et al., 2018; Sonnenschein et al., 2022). Eltern könnten oftmals keine konkreten Ideen darüber haben, wie sie mit ihren Kindern über diese Themen in Interaktion treten können (Silander et al., 2018). Diese Besonderheiten könnten die naturwissenschaftliche HLE von anderen Domänen abgrenzen und Befunde aus anderen Domänen schwer übertragbar machen, sodass, zusammen mit der geringen Befundlage, die naturwissenschaftliche HLE und deren Zusammenhänge mit den kindlichen Kompetenzen bislang weniger klar umrissen sind.

Neben der Häufigkeit wird die Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen als bedeutsam für die naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder angesehen (Bae et al., 2023; Haden, 2010), also *wie* die Eltern und Kinder interagieren, z.B. indem das Elternteil das Kind durch das Stellen offener Fragen kognitiv herausfordert oder durch geeignete Hilfestellungen unterstützt. Bislang ist allerdings wenig darüber bekannt, wie Interaktionsqualität im naturwissenschaftlichen Kontext konzeptualisiert werden und welche Aspekte von Interaktionsqualität allgemein als bedeutsam angesehen werden können. Bisherige Studien aus der naturwissenschaftlichen Domäne fokussieren oftmals auf einzelne Aspekte von Eltern-Kind-Interaktionen, wie das Stellen offener Fragen oder elterliche Erklärungen (z.B. Booth et al., 2020; Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; van Schijndel & Raijmakers, 2015), mit stark variierender Operationalisierung und Terminologien über die Studien hinweg. Auch wenn dies aufgrund der unterschiedlichen Foki, die in den jeweiligen Studien eingenommen werden, ein valides Vorgehen darstellt, erschwert dies einerseits die Identifikation übergeordneter konzeptueller Prinzipien von Interaktionsqualität im Kontext der Naturwissenschaften, andererseits die Vergleichbarkeit zwischen den Studien. Weiterhin liegen stark gemischte Befunde darüber vor, wie die unterschiedlichen Aspekte von Interaktionsqualität mit den unterschiedlichen Kindoutcomes zusammenhängen, wie dem naturwissenschaftlichen Wissen, motivationalen Orientierungen oder Lernprozessen.

Im Zusammenhang mit der Interaktionsqualität in formalen Kontexten wird das Konstrukt Interaktionsqualität in empirischer Forschung oftmals durch eine geringere Anzahl von übergeordneten Dimensionen konzeptualisiert, die jeweils theoretisch abgrenzbare, für gelingende Interaktionen als wichtig angesehene Aspekte beinhalten, wie eine emotional-motivationale und eine kognitiv-orientierte Dimension (Brito et al., 2014; Roßbach et al., 2024; Vallotton et al., 2017). Eine Kategorisierung der

bislang betrachteten Aspekte von Interaktionsqualität, z.B. entlang übergeordneter Dimensionen, könnte die Identifikation von allgemein als bedeutsam erachteter Merkmale von Interaktionsqualität sowie einen besseren Vergleich zwischen den Studien ermöglichen. Die uneinheitliche Operationalisierung in bisherigen Studien könnte auch einen Grund für die gemischte Befundlage darstellen, wie die Qualität der Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE mit den Kompetenzen der Kinder zusammenhängt. Durch diese Einordnung könnten zudem potentielle Forschungslücken aufgezeigt und womöglich ein konzeptueller Rahmen geschaffen werden, der als Orientierung für zukünftige Forschungsvorhaben dienen und damit zu generalisierbareren Befunden beitragen könnte. Dies könnte zu einem klareren Verständnis beisteuern, wie die Eltern das naturwissenschaftliche Lernen ihrer Kinder unterstützen und welche Aspekte dieser Unterstützung insbesondere wichtig für die kindlichen Kompetenzen sind.

In einem nächsten Schritt könnten Analysen der Qualität von naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen anhand dieses vorher vorbereiteten konzeptuellen Rahmens konkretere Aufschlüsse über die Ausprägung der unterschiedlichen Dimensionen geben. Auch könnten spezifischere Aussagen über die jeweiligen Zusammenhänge dieser Dimensionen mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen ermöglicht werden. Dies könnte, neben dem Fokus auf einzelne Aspekte von Interaktionsqualität, neue Einblicke mit einer breiteren Perspektive auf Interaktionsqualität geben. Indem unterschiedliche kindliche Outcomes zugleich adressiert werden, könnten zudem tiefere Einblicke in die Zusammenhänge von Interaktionsqualität mit unterschiedlicheren naturwissenschaftlichen Kompetenzen als in vorherigen Studien gegeben und womöglich differenzielle Effekte unterschiedlicher Dimensionen auf die verschiedenen Kindoutcomes ermittelt werden. Dies könnte klarere Rückschlüsse darüber ermöglichen, welche Aspekte der Interaktionsqualität und welche elterlichen Unterstützungsmaßnahmen besonders bedeutsam für die kindlichen Kompetenzen sind und die Rolle der Eltern für das kindliche Lernen in den Naturwissenschaften beleuchten. Weiterhin könnten durch eine Synthese eines konzeptuellen Rahmens anhand bisheriger Forschung und dessen Anwendung in (eigener) empirischer Forschung auch konkretere Implikationen für die Praxis ableitbar gemacht werden, z.B. in der Entwicklung von guten Beispielen, mit denen Eltern angeregt werden können, sich mit ihren Kindern mit den Naturwissenschaften auseinanderzusetzen (vgl. Gutwill & Allen, 2010; Vandermaas-Peeler et al., 2018).

Das grundlegende Ziel dieser Arbeit ist es, die Rolle der Familie für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen ihrer Kinder näher zu erkunden, mit einem besonderen Fokus auf die gemeinsam stattfindenden Interaktionen. Dabei soll nachgegangen werden, a) wie die Häufigkeit unterschiedlicher Interaktionstypen in der naturwissenschaftlichen HLE mit dem Kompetenzen der Kinder zusammenhängt, b) wie diese durch distale Merkmale (SES, elterliche Orientierungen) beeinflusst werden und deren Effekte mediiieren, c) wie die Qualität gemeinsamer Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE konzeptualisiert werden kann, d) wie die Qualität ausgeprägt ist und e) wie die Qualität mit unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder zusammenhängt.

Um diese Fragen/Ziele zu adressieren, wurden in einer ersten Studie anhand von Sekundäranalysen der *Trends in Mathematics and Science*-Studie (TIMSS) aus dem Jahre 2019 mit knapp 3500 teilnehmenden Familien aus Deutschland unterschiedliche Typen von gemeinsamen Eltern-Kind-Interaktionen explorativ identifiziert sowie die differenziellen Zusammenhänge ihrer Häufigkeiten mit den kindlichen Kompetenzen und distalen familiären Faktoren mittels Strukturgleichungsmodellen analysiert.¹ In einem nächsten Schritt wurden potentielle Mediationsmechanismen zwischen den distalen Faktoren der HLE und den kindlichen Kompetenzen durch die unterschiedlichen Interaktionen betrachtet. Dies ermöglicht Rückschlüsse auf die konzeptuelle Rahmung der naturwissenschaftlichen HLE, der

¹ Die Daten wurden vom Forschungsdatenzentrum am Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen zur Verfügung gestellt (Kasper et al., 2023; Datennutzungsvertrag mit der Kennnummer 2307-28b).

Bedeutung unterschiedlicher Interaktionstypen für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder, und potentielle Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu der HLE aus anderen Domänen, wie der *Home Literacy* und *Home Numeracy Environment*. Gleichzeitig kann so die Rolle der Familie für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen ihrer Grundschul Kinder – neben Einflüssen der Schule – näher beleuchtet werden.

In einer zweiten Studie wurde der Fokus auf die Qualität gemeinsamer Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE gelegt. Dazu wurde ein systematisches Review zu bisherigen Studien zur Qualität von Eltern-Kind-Interaktionen durchgeführt und übergeordnete Dimensionen anhand der dort untersuchten Aspekte synthetisiert. In einem zweiten Schritt wurden die Studien aus dem Review, die zusätzlich auch die Zusammenhänge mit unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder untersuchten (naturwissenschaftliches Wissen, motivationale Orientierungen, Lernprozesse), anhand der vorher identifizierten Dimensionen von Interaktionsqualität systematisiert. Dies ermöglicht Rückschlüsse darauf, welche Qualitätsdimensionen und elterlichen Unterstützungsmaßnahmen insbesondere bedeutsam für die unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder sind.

Aufbauend auf den Vorüberlegungen aus dem Review und der darin abgeleiteten konzeptuellen Rahmung wurden dann in einer weiteren Studie basierend auf Videobeobachtungen von Eltern-Kind-Interaktionen in einer naturwissenschaftsspezifischen Vorlesesituation die Ausprägung der Interaktionsqualität näher analysiert. Weiterhin wurden Zusammenhänge der Interaktionsqualität mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen, die auch im Fokus des Reviews standen (naturwissenschaftliches Wissen, motivationale Orientierungen, Lernprozesse), spezifischer untersucht. So soll die Bedeutung der Eltern für unterschiedliche Kindoutcomes näher beleuchtet und neue Einblicke in die Rolle der Familie für das naturwissenschaftliche Lernen der Kinder gewonnen werden.

Die vorliegende Arbeit ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 wird zunächst der theoretische Rahmen der Arbeit eingeführt, indem ein Einblick in unterschiedliche naturwissenschaftliche Kompetenzen der Kinder gegeben wird, wie der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens und motivationalen Orientierungen, sowie der Lernprozesse der Kinder. Danach wird die HLE konzeptuell eingeführt und die unterschiedlichen Faktoren der HLE, d.h. die proximalen Interaktionen zwischen Elternteil und Kind und distale Faktoren wie der familiäre SES und elterliche Orientierungen vorgestellt. Dazu werden empirische Befunde beschrieben und ausstehende Forschungslücken ausgearbeitet. Anhand dieser Forschungslücken werden dann in Kapitel 3 die zugrundeliegenden Forschungsfragen präsentiert, welche in den drei oben angesprochenen Studien adressiert werden sollen (Kapitel 4-6). Diese Studien werden dann in Kapitel 7 in einer Gesamtdiskussion zusammengeführt und in den bestehenden Forschungskontext eingebettet. Daraufhin werden sie hinsichtlich ihrer Limitationen und Implikationen für zukünftige Forschung und Praxis diskutiert.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Naturwissenschaftliche Kompetenzen im frühkindlichen Alter

Eine naturwissenschaftliche Grundbildung ist von großer Bedeutung für eine Teilhabe in einer Gesellschaft, in welcher Naturwissenschaft und Technik eine zunehmend wichtigere Rolle spielen und der Gewinn neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse einem rapiden Wachstum ausgesetzt ist – mit welchem auch ein stetiger Wandel naturwissenschaftlicher Erkenntnisse einhergeht (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2016, 2017). Dabei liegt nicht zwingend die Ausbildung einer naturwissenschaftlichen Expertise im Fokus, sondern vielmehr ein breiteres naturwissenschaftliches Verständnis und grundlegende motivationale Orientierungen sich mit naturwissenschaftlichen

Themen beschäftigen zu wollen, die zum nachhaltigen Handeln sowie zur Teilhabe am und einem Verständnis des naturwissenschaftlichen Diskurses in der Gesellschaft befähigen (OECD, 2017). Die Entwicklung von ersten naturwissenschaftlichen Kompetenzen wird dabei bereits in jungen Jahren angebahnt, welche als prädiktiv für die Entwicklung späterer Kompetenzen angenommen wird (Alexander et al., 2012; Morgan et al., 2016; Saçkes et al., 2011). Neben den Bereichen Kita oder Schule stellt die Familie einen wichtigen Lernort für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen des Kindes dar (Bae et al., 2023; Mantzicopoulos et al., 2013). Bereits früh entwickeln Kinder erstes inhaltliches Wissen über Phänomene der belebten und unbelebten Natur, das anschlussfähig an spätere, elaboriertere Konzepte ist (Akerson et al., 2015; Anders et al., 2018; Eshach, 2006; Hadzigeorgiou, 2015), und können - mit geeigneter Unterstützung durch Erwachsene wie ihren Eltern - erstes prozessbezogenes Wissen aufbauen (Mantzicopoulos et al., 2013; Schmerse et al., 2024). Des Weiteren zeigen Kinder (i.d.R.) hohe Neugierde und Motivation sich mit naturwissenschaftlichen Phänomenen auseinanderzusetzen (Anders et al., 2018; Eshach, 2006; Oppermann et al., 2019; Patrick & Mantzicopoulos, 2015). Die Entwicklung von naturwissenschaftlichem inhaltlichem und prozessbezogenem Wissen sowie motivationalen Orientierungen findet sich auch im Konzept der Scientific Literacy wieder (Eshach, 2006; OECD, 2017). Das Konzept der Scientific Literacy stellt eine naturwissenschaftliche Grundbildung dar, die anschlussfähig für weiteres Lernen über die gesamte Lebensspanne hinweg ist (Eshach, 2006; OECD, 2017). Es wird als das Ziel früher naturwissenschaftlicher Bildung in der Kita angesehen (Eshach, 2006; Mantzicopoulos et al., 2013) und findet auch im familiären Bereich Anwendung (Bae et al., 2023; Mantzicopoulos et al., 2013).

2.1.1 Entwicklung von inhaltlichem und prozessbezogenem Wissen

Kinder werden als aktive Gestalter ihrer naturwissenschaftlichen Lernumwelt verstanden und sind aktiv an den darin einhergehenden Lernprozessen beteiligt (Anders et al., 2018; Eshach, 2006). Bereits in jungen Jahren machen Kinder erste Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen (Eshach, 2006; Silander et al., 2018). In alltäglichen Situationen kommen sie in Kontakt mit Phänomenen der unbelebten Natur, z.B. Materialien und deren Eigenschaften (Hadzigeorgiou, 2015), Licht und Schatten (Ebersbach & Resing, 2007) oder Hitze und Temperatur (Hadzigeorgiou, 2015; Luce & Callanan, 2020), sowie mit Phänomenen der belebten Natur, z.B. zu Wachstum und Ernährung oder dem Unterschied belebter und unbelebter Dinge (Akerson et al., 2015; Inagaki & Hatano, 1996). Erste Erfahrungen sammeln Kinder in spielerischen Situationen (Eshach, 2006; Vygotsky, 1987), z.B. indem sie Dinge ins Wasser werfen und ein erstes Verständnis dafür entwickeln, welche Materialien untergehen und welche nicht, indem sie Federn/Blätter/Muscheln sammeln und unterschiedliche Arten vergleichen. Während solcher alltäglichen, spielerischen Erfahrungen bauen Kinder erstes inhaltliches Wissen über diese naturwissenschaftlichen Phänomene auf. Auch wenn Kinder zumeist nicht über das nötige (Vor-)Wissen verfügen, um komplexere Sachverhalte zu erklären, können sie dennoch einfache Wirkzusammenhänge herstellen, z.B.: „Wenn der Schnee schmilzt, wird er zu Wasser“ (Anders et al., 2018). Der Aufbau naturwissenschaftlichen Wissens wird dabei als ein kumulativer Prozess angenommen, der durch die Voraussetzungen des Kindes wie kognitive oder sprachliche Fähigkeiten, aber auch durch geeignete Unterstützung durch das soziale Umfeld des Kindes beeinflusst wird (Gropengießer & Marohn, 2018; Vosniadou, 2013). Der Begriff „Wissen“ beschreibt dabei situationsspezifisch flexibel anwendbares Wissen, das – aufbauend auf *conceptual change*-Theorien wie der *framework theory* (Vosniadou, 2013) – mit einer Konzeption gleichzusetzen ist, die durch subjektive Wahrnehmungen geprägt ist und nicht zwingend mit naturwissenschaftlich-etablierten Konzepten kongruent sein muss (Anders et al., 2018; Vosniadou, 2013). Beispielsweise schätzen Kinder in jungen Jahren die Größe von Schatten anhand der Objektgröße ein, während sie den Abstand von der Lichtquelle noch nicht fest mit einbeziehen (Ebersbach & Resing, 2007). Sie konzeptualisieren Schatten als etwas, das stets fest mit „seinem“ Objekt verbunden ist, und durch Licht zum Vorschein gebracht werden muss (Feher & Rice, 1988). Oder sie identifizieren Pflanzen als Nicht-Lebewesen, da ihr Wachstum und Stoffwechsel nur schwer

beobachtbar ist (Akerson et al., 2015; Inagaki & Hatano, 1996). Nach der *knowledge in pieces theory* ist anzunehmen, dass die ersten Wissenselemente im frühkindlichen Lernen zunächst als sogenannte *phenomenological primitives* (p-prims) fragmentiert und mehrere, einander widersprüchliche p-prims nebeneinander vorliegen können (DiSessa, 2002). Darauf aufbauend können sich mit der Zeit, durch weitere (schulische) Erfahrungen und geeignete Unterstützung durch das Umfeld, kohärentere Konzeptionen entwickeln (Anders et al., 2018; DiSessa, 2002; Gropengießer & Marohn, 2018; zu einer kritischen Diskussion zu Überschneidungen der *knowledge in pieces* und der *framework theory*, vgl. Vosniadou, 2013). Das naturwissenschaftliche Wissen, das die Kinder in frühen Jahren entwickeln, ist somit anschlussfähig an spätere Erfahrungen in formalen Lerngelegenheiten (Vosniadou, 2013) und nachweislich prädiktiv für den weiteren (Schul-)Erfolg der Kinder (Morgan et al., 2016; Saçkes et al., 2011).

Darüber hinaus spielt auch prozessbezogenes Wissen eine Rolle für die Entwicklung einer Scientific Literacy, welches eng verbunden mit der Entwicklung naturwissenschaftlichem Wissens ist (Eshach, 2006; Jirout & Zimmermann, 2015; Steffensky, 2017). Prozessbezogenes Wissen fokussiert auf die Generierung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und involviert unterschiedliche Phasen der Erkenntnisgewinnung, die in einem iterativen Zyklus vorliegen, indem beispielsweise Fragen aufgestellt, kleine Versuche durchgeführt, Beobachtungen gemacht und Schlussfolgerungen gezogen werden (Pedaste et al., 2015). Insbesondere im Kontext des frühen naturwissenschaftlichen Lernens ist dieser Zyklus jedoch als idealtypisch anzusehen, und häufig kann aus dem Zyklus ausgebrochen oder der Fokus stärker auf einzelne Aspekte der Erkenntnisgewinnung gelegt werden (Schmerse et al., 2024), insbesondere im familiären Kontext (Strickler-Eppard et al., 2019; Vandermaas-Peeler et al., 2019; Vandermaas-Peeler et al., 2018). Nichtsdestotrotz kann erstes prozessbezogenes Wissen bereits in jungen Jahren angebahnt werden (Bullock et al., 2009; Jirout & Zimmermann, 2015; Mantzicopoulos et al., 2013; Schmerse et al., 2024), welches positiv mit der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens der Kinder zusammenhängt (Mantzicopoulos et al., 2013). So können Kinder ab dem Alter von sechs Jahren bereits beweiskräftige Experimente von solchen unterscheiden, die keine Schlussfolgerungen ihrer Vermutungen zulassen (Piekny et al., 2014; Sodian et al., 1991) oder Kausalzusammenhänge anhand einfacher Datenstrukturen erfassen (Piekny et al., 2014; Piekny & Maehler, 2013). Komplexere Sachverhalte wie die Variablenkontrollstrategie sind allerdings oftmals noch zu schwer für jüngere Kinder (ein Verständnis dazu bildet sich im Alter von etwa zehn Jahren; Bullock et al., 2009).

In den Erfahrungen, die die Kinder in der alltäglichen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen sammeln, entwickeln sie sowohl erstes inhaltliches als auch prozessbezogenes Wissen. Empirische Befunde aus den Kontexten Kita und Familie weisen darauf hin, dass Kinder in jungen Jahren insbesondere dann inhaltliches und prozessbezogenes Wissen entwickeln, wenn sie durch erwachsene Personen (wie ein Elternteil oder die Kita-Fachkraft) in ihren naturwissenschaftlichen Erfahrungen begleitet werden. Insbesondere die Häufigkeit und Qualität der dabei stattfindenden Interaktionen mit Erwachsenen, wie den Eltern der Kinder, wird als ausschlaggebend für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder angesehen (Jirout & Zimmermann, 2015; Junge et al., 2021; Leuchter et al., 2014; Mantzicopoulos et al., 2013; Piekny et al., 2012; Schmerse et al., 2024; Westerberg et al., 2022).

2.1.2 Entwicklung motivationaler Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften

Neben der Entwicklung inhaltlichen und prozessbezogenen Wissens spielen auch motivationale Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften eine große Rolle in der Entwicklung einer Scientific Literacy (Eshach, 2006; OECD, 2017; Patrick & Mantzicopoulos, 2015). Motivationale Orientierungen der Kinder können, basierend auf der Erwartungs-Wert-Theorie (Eccles & Wigfield, 2002, 2020), durch positive Erwartungen für das Gelingen einer Handlung konzeptualisiert werden. Diese sind eng mit der

wahrgenommenen Selbstwirksamkeitserwartung verbunden (Bandura, 1977). Andererseits spielt der Wert, dem die Handlung zugesprochen wird, wie die (Lern-)Freude, sich mit einem Gegenstand auseinanderzusetzen, eine große Rolle für die motivationalen Orientierungen des Kindes (Oppermann et al., 2017; Patrick et al., 2009), und ist eng mit der intrinsischen Motivation des Kindes verbunden (Eccles & Wigfield, 2002; Ryan & Deci, 2000). Positive motivationale Orientierungen wie die Selbstwirksamkeitserwartung und Lernfreude gelten als Grundvoraussetzung dafür, dass (kognitives) Lernen effektiv stattfinden und aktiv an Lernprozessen teilgenommen werden kann (Eccles & Wigfield, 2002, 2020; Ryan & Deci, 2000). Nichtsdestotrotz liegt nur wenig empirische Forschung zur Entwicklung motivationaler Orientierungen in den Naturwissenschaften bei jungen Kindern vor, da der Fokus bislang vermehrt auf Forschung mit älteren Kindern der weiterführenden Schulen liegt (vgl. Oppermann et al., 2019; Patrick & Mantzicopoulos, 2015; Pattison & Dierking, 2019). Einige Befunde deuten jedoch darauf hin, dass Kinder in jungen Jahren hohe Selbstwirksamkeitserwartungen und eine hohe Lernfreude in den Naturwissenschaften aufweisen (Oppermann et al., 2019; Patrick & Mantzicopoulos, 2015; Sonnenschein et al., 2022), welche außerdem positiv mit der Entwicklung von frühem inhaltlichem und prozessbezogenem Wissen in den Naturwissenschaften zusammenhängen (Mantzicopoulos et al., 2013). Die motivationalen Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften in frühen Jahren hängen weiterhin positiv mit ihren späteren Orientierungen nach Schuleintritt zusammen (Alexander et al., 2012; DeWitt & Archer, 2015; Leibham et al., 2013) sowie ihren naturwissenschaftlichen Laufbahntscheidungen (DeWitt & Archer, 2015; Wang & Degol, 2013). Einige Studien zeigen allerdings, dass das Niveau der motivationalen Orientierungen in folgenden Jahren, im Verlauf formaleren schulischen Lernens, abnimmt (Krapp & Prenzel, 2011; Osborne et al., 2003; Patrick & Mantzicopoulos, 2015; Steidtmann et al., 2023).

Befunde aus dem Kita- und Schul-Kontext weisen darauf hin, dass insbesondere positive Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen die Entwicklung motivationaler Orientierungen beeinflussen (Mantzicopoulos et al., 2013; Patrick & Mantzicopoulos, 2015) und diesem Abwärtstrend ggf. entgegenwirken können (Krapp & Prenzel, 2011). Sowohl die Häufigkeit als auch die Qualität der Interaktion mit einer erwachsenen Person, die das Kind während der naturwissenschaftlichen Lernprozesse begleitet, gelten als förderlich für die Entwicklung motivationaler Orientierungen (Oppermann et al., 2019; Patrick et al., 2009; Pattison & Dierking, 2019). In der Kita machen Kinder jedoch (i.d.R.) nur wenige oder fragmentiert vorliegende Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen, während die naturwissenschaftsspezifische Interaktionsqualität mit Fachkräften manchmal zu gering ist, als dass motivationale Orientierungen der Kinder gefördert werden können (Patrick & Mantzicopoulos, 2015; Patrick et al., 2009). Es ist allerdings wenig darüber bekannt, inwieweit sich, neben der Kita, die HLE auf motivationale Orientierungen der Kinder gegenüber den Naturwissenschaften auswirkt. Erste Befunde weisen darauf hin, dass Eltern maßgeblich daran beteiligt sind, die Motivation und das Interesse ihrer Kinder sich mit naturwissenschaftlichen Gegenständen zu beschäftigen, aufrechtzuerhalten (Pattison & Dierking, 2019). Es sind jedoch weitere Befunde notwendig, um ihre Rolle dabei besser zu verstehen.

2.1.3 Naturwissenschaftliche Lernprozesse

Die Lernprozesse, die das Kind in einer Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Phänomenen erlebt, stellen einen essentiellen Bestandteil für die kindliche Entwicklung dar und sind Voraussetzung dafür, dass inhaltliches und prozessbezogenes Wissen sowie motivationale Orientierungen entwickelt werden können (Barriault & Pearson, 2010; Rennie & Howitt, 2020).² Dies spiegelt sich beispielsweise

² Die Lernprozesse stellen somit einen Mediator dar, welcher zur Entwicklung von naturwissenschaftlichem Wissen/motivationalen Orientierungen führt. Auch wenn die Lernprozesse damit nicht auf einer Ebene mit diesen stehen, werden sie z.B. auch bei Seidel und Shavelson (2007) als ein Outcome neben den anderen geführt, was hier und im späteren Verlauf aus Gründen der Übersicht adaptiert wird.

auch in konstruktivistischen (Lern-)Perspektiven (Piaget, 1973; Wellman & Gelman, 1992) sowie dem im deutschen Kita- und Schulkontext gebräuchlichen Angebot-Nutzungs-Modell wider (Anders & Oppermann, 2024; Kunter & Trautwein, 2018; Steffensky, 2017; Vieluf et al., 2020). Den Kindern wird ein Lernangebot gestellt, welches sie basierend auf ihren Voraussetzungen (z.B. sprachliche oder kognitive Fähigkeiten) und kontextuellen Rahmenbedingungen (z.B. strukturelle Charakteristika der Familie) individuell nutzen. Die Nutzung dieser Lernangebote wiederum repräsentiert die Lernprozesse, die das Kind während der naturwissenschaftlichen Interaktionen mit seinen Eltern durchläuft und schließlich zur Generierung von Wissen oder Motivation führt (Barriault & Pearson, 2010; Rennie & Howitt, 2020). Auch soziokulturelle Theorien sehen die kindlichen Lernprozesse als eng verwoben mit der Interaktion mit einer erwachsenen Personen an, in welchen insbesondere der gemeinsame Dialog eine große Rolle für die Initiierung von tiefergreifenden Lernprozessen angesehen wird (Rogoff, 1990; Vygotsky, 1987). Lernprozesse (im englischsprachlichen Forschungskontext synonym zum Begriff „*engagement*“ verwendet, Barriault & Pearson, 2010; Rennie & Howitt, 2020; van Schijndel & Raijmakers, 2015) werden dabei als ein multidimensionales Meta-Konstrukt konzeptualisiert, welches breiter gefasst ist als andere Konstrukte (z.B. Motivation, Emotion) und mehrere dieser Konstrukte zusammenfasst (Fredricks et al., 2004; Reeve & Tseng, 2011; Wigfield et al., 2015). Eine behaviorale Dimension umfasst eine andauernde Auseinandersetzung mit einem Thema und spiegelt z.B. die Ausdauer und Persistenz des Kindes wider, sich mit einem Phänomen zu beschäftigen (vgl. *on-task*-Verhalten; Fredricks et al., 2004). Eine emotionale Dimension hingegen beschreibt die Anwesenheit von positiven (und das Fehlen von negativen) Gefühlen und Affekten der Kinder während der Interaktionen. Eine kognitive Dimension umfasst die Bereitschaft, sich kognitiv mit einem Gegenstand auseinanderzusetzen, z.B. durch die Nutzung von komplexeren Strategien zur Problemlösung (Fredricks et al., 2004). Im schulischen Kontext wird diese Dimension häufig mit selbstreguliertem Lernen in Verbindung gebracht (Fredricks et al., 2004; vgl. Seidel & Shavelson, 2007; Wigfield et al., 2015; B. J. Zimmerman, 1990). Gerade bei jungen Kindern könnten allerdings – anstelle von komplexem selbstreguliertem Lernen (vgl. B. J. Zimmerman, 1990) – Verbalisierungen (z.B. Fragen stellen, Erklärungen liefern; Callanan et al., 2017; Luce & Callanan, 2020) und das haptische Handeln (z.B. Objekte manipulieren, Dinge händisch ausprobieren; *hands-on behavior*, van Schijndel et al., 2010) eine zentralere Rolle für deren kognitive Lernprozesse spielen (*agentic engagement*, Reeve & Tseng, 2011).

Bisherige Studien, die die Lernprozesse von Kindern untersuchen, stammen größtenteils aus Untersuchungen zu Eltern-Kind-Interaktionen im außerfamiliären Kontext (wie dem Museum, Science Center und vergleichbaren Kontexten; Callanan et al., 2017; Rennie & Howitt, 2020; van Schijndel & Raijmakers, 2015). Einige Studien ziehen die *time-on-task* als einen Indikator für die behavioralen Lernprozesse der Kinder heran (Szechter & Carey, 2009; To et al., 2016). Da dadurch aber wenige Aussagen über die Intensität der kindlichen Lernprozesse gemacht werden können (Rennie & Howitt, 2020), fokussieren andere Studien wiederum auf die Ausprägung der emotionalen und kognitiven Lernprozesse der Kinder (Rennie & Howitt, 2020; van Schijndel & Raijmakers, 2015). Dies umfasst beispielsweise die Ausprägung positiver Emotionen der Kinder (Rennie & Howitt, 2020), die Intensität der *hands-on*-Aktivitäten mit einem Museumsexponat (z.B., inwieweit das Kind aktiv mit dem Exponat interagiert oder inwieweit es Wiederholungen mit kleinen Veränderungen durchführt; van Schijndel et al., 2010). Andere Studien fokussieren sich auf die verbalen Lernprozesse des Kindes, d.h. inwieweit das Kind z.B. Fragen stellt, Erklärungen liefert, Beobachtungen und Kommentare beisteuert oder seine Erfahrungen mit vorherigen Erlebnissen verknüpft (Callanan et al., 2017; Joy et al., 2021; K. R. Kelly et al., 2022). Bisherige Studien, die die Lernprozesse der Kinder untersuchten, zeigen, dass die Intensität und Dauer der kindlichen Lernprozesse in naturwissenschaftlichen Aktivitäten höher ausgeprägt ist, wenn sie dabei von ihren Eltern begleitet werden (Crowley, Callanan, Jipson, et al., 2001; Joy et al., 2021; K. R. Kelly et al., 2022; van Schijndel et al., 2010). Insbesondere die Qualität der Interaktionen zwischen Elternteil

und Kind wird dabei als entscheidend für die Ausprägung und Dauer der kindlichen Lernprozesse angenommen (Callanan et al., 2017; Haden, 2010; K. R. Kelly et al., 2022).

2.2 Einflussfaktoren der familiären Lernumwelt

Die Entwicklung von naturwissenschaftlichem inhaltlichem und prozessbezogenem Wissen sowie motivationalen Orientierungen, und die Lernprozesse, die die Kinder in naturwissenschaftlichen Interaktionen erleben, werden maßgeblich durch ihre Lernumwelt beeinflusst. Basierend auf der bioökologischen Systemtheorie nach Bronfenbrenner und Morris (2006) erfolgt die kindliche Entwicklung innerhalb mehrerer interdependenter, umweltlicher Systeme, die einen proximalen oder distalen Einfluss auf ihre Entwicklung haben. Mikrosysteme – dies sind Systeme, in denen Kinder mit ihrer unmittelbaren physisch-materiellen sowie sozialen Umwelt interagieren – haben einen proximalen Einfluss auf die kindliche Entwicklung (und werden gleichermaßen durch das Kind beeinflusst). Auf diese Mikrosysteme wirken wiederum unterschiedliche distale Exosysteme ein; dies sind Systeme, die durch das Kind zwar wahrgenommen werden können, auf die das Kind aber keinen unmittelbaren Einfluss hat, z.B. die Arbeit der Eltern, die durch Arbeitszeitverteilung der Eltern oder Vergütung einen Einfluss auf die Interaktionen im jeweiligen Mikrosystem ausüben kann. Diese Exosysteme haben dadurch einen indirekten Einfluss auf die kindliche Entwicklung. Allen Systemen übergeordnet beeinflusst das Makrosystem (durch z.B. Gesetze, Normen, Werte, kulturelle Einflüsse) alle subordinären Systeme (Bronfenbrenner & Morris, 2006; Grolig, 2020; Tietze et al., 1999).

Neben der Kita stellt die HLE ein Mikrosystem dar, das einen proximalen Einfluss auf die Entwicklung junger Kinder hat und insbesondere im frühen Alter eine bedeutende Rolle für die kindliche Entwicklung einnimmt (Bronfenbrenner & Morris, 2006; Grolig, 2020; Mantzicopoulos et al., 2013; Niklas & Schneider, 2017; Tietze et al., 1999). Basierend auf den Annahmen der bioökologischen Systemtheorie nach Bronfenbrenner und Morris (2006) wird die HLE oftmals als ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren konzeptualisiert, welche einen distalen oder proximalen Einfluss auf die kindliche Entwicklung darstellen (Grolig, 2020; Kluczniok et al., 2013; Niklas & Schneider, 2017; Pace et al., 2017; Skwarchuk et al., 2014), wie es modellhaft in Abbildung 1 dargestellt ist. Distale Faktoren stellen einerseits strukturelle Merkmale der Familie dar, wie den SES, Migrationshintergrund, oder Berufs- und Bildungshintergrund der Eltern, die nachweislich mit der frühkindlichen Entwicklung zusammenhängen (Bradley & Corwyn, 2002; Kluczniok et al., 2013; Niklas & Schneider, 2017; Pace et al., 2017; Sirin, 2005; Zhang et al., 2019). Andererseits werden elterliche Orientierungen als ein zweiter distaler Einflussfaktor für die kindliche Entwicklung angesehen. Diese umfassen beispielsweise domänenspezifische Orientierungen wie das Interesse an oder die Selbstwirksamkeitserwartung in einer Domäne, oder globalere Orientierungen wie allgemeine Fördereinstellungen, Orientierungen zur Involviertheit in die Bildung des Kindes, oder zur Zusammenarbeit zwischen Familie und Kita oder Schule (Hoover-Dempsey & Sandler, 2005; Sigel & McGillicuddy-DeLisi, 1980; Skwarchuk et al., 2014; Tietze et al., 1999).³ Es wird angenommen, dass diese distalen Faktoren dabei nicht unmittelbar mit der Entwicklung des Kindes zusammenhängen, sondern diese indirekt beeinflussen. Als zentral werden die Interaktionen zwischen Elternteil und Kind angesehen, die einen proximalen und direkten Einfluss auf die Lernprozesse und dadurch auf

³ In dem hier präsentierten Modell werden die distalen Faktoren als gleichwertig nebeneinander, in wechselseitiger Beziehung zueinanderstehend dargestellt. Diese Beziehung ist jedoch nicht ganz eindeutig (vgl. Lehrl, 2018). Auch wenn die vorliegende Arbeit nicht darauf fokussiert, ist es dennoch erwähnenswert, dass, während einige Studien ein „Nebeneinander“ beider Faktoren annehmen (Hoover-Dempsey & Sandler, 2005; Kluczniok et al., 2013; Niklas & Schneider, 2017), andere Studien im Sinne eines Mediationsmodells postulieren, dass strukturelle Merkmale wie der SES die elterlichen Orientierungen beeinflussen könnten, welche über die Eltern-Kind-Interaktionen wiederum einen Einfluss auf die kindliche Entwicklung haben (Saçkes, 2014; Sigel & McGillicuddy-DeLisi, 1980; Wirth et al., 2023).

die Entwicklung des Kindes haben (Grolig, 2020; Melhuish et al., 2008; Niklas & Schneider, 2017; Pace et al., 2017). Die Interaktionen werden wiederum von den distalen Faktoren beeinflusst und medieren deren Effekte auf die kindliche Entwicklung (Bradley & Corwyn, 2002; Hoover-Dempsey & Sandler, 2005; Kluczniok et al., 2013; Melhuish et al., 2008; Skwarchuk et al., 2014). Insbesondere die Qualität der Interaktionen zwischen Elternteil und Kind gilt als bedeutsam für die Lernprozesse und kindliche Entwicklung (Anders & Oppermann, 2024; Downer & Pianta, 2006; Haden, 2010; Pace et al., 2017; Sylva et al., 2004). Auch die Häufigkeit von Eltern-Kind-Interaktionen gilt als prädiktiv (Melhuish et al., 2008; Sigel & McGillicuddy-DeLisi, 1980; Toth et al., 2020), wobei ein Zusammenspiel aus Quantität und Qualität von Eltern-Kind-Interaktionen als besonders förderlich für die kindliche Entwicklung angenommen werden kann (Anders & Oppermann, 2024; Lehl, 2018; Pace et al., 2017). Des Weiteren stellen individuelle Voraussetzungen des Kindes, wie kognitive und sprachliche Fähigkeiten (Franse et al., 2021; Kluczniok et al., 2013; Pace et al., 2017; Slim et al., 2022), motivationale Orientierungen (Franse et al., 2021; Slim et al., 2022), das Alter (Callanan et al., 2017; Fender & Crowley, 2007) oder das Geschlecht des Kindes (Andre et al., 1999; Saçkes et al., 2011; Wang & Degol, 2013) einen wichtigen Einfluss auf die Interaktionen, die Lernprozesse und die kindliche Entwicklung dar.

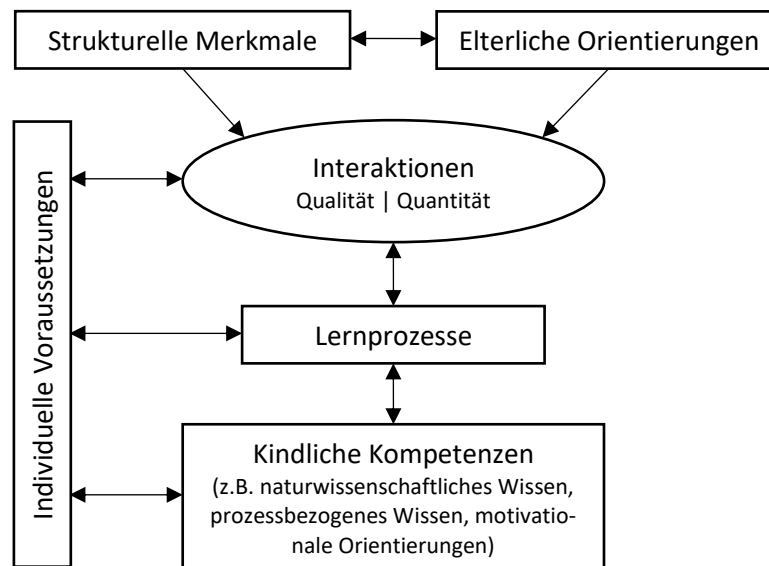


Abbildung 1: Konzeptuelle Darstellung der familiären Lernumwelt, eigene Darstellung in Anlehnung an Anders & Oppermann (2024), Kluczniok et al. (2013), Steffensky (2017).³

Die in diesem Modell dargestellten Beziehungen zwischen distalen und domänenspezifischen proximalen Faktoren und deren Einfluss auf die kindlichen Kompetenzen wurden insbesondere im Rahmen der Evaluierung der *Home Literacy Environment* (z.B. LeFevre et al., 2010; Manolitsis et al., 2013; Senechal, 2006; Skwarchuk et al., 2014) und der *Home Numeracy Environment* (z.B. Bonifacci et al., 2021; LeFevre et al., 2009; Skwarchuk et al., 2014; Zippert & Rittle-Johnson, 2020) beleuchtet, wobei ein wesentlich breiterer Forschungskorpus für den Bereich *Literacy* als den mathematischen Bereich vorliegt (vgl. Wirth et al., 2023). Beispielsweise konnten kurzfristige wie auch längsschnittliche Zusammenhänge zwischen der *Home Literacy* sowie *Home Numeracy Environment* im frühkindlichen Alter mit den entsprechenden frühkindlichen domänenspezifischen Kompetenzen sowie schulischen Leistungen der Kinder am Ende der Grundschule und darüber hinaus ermittelt werden (Downer & Pianta, 2006; Lehl, 2018; Niklas & Schneider, 2017; Sammons et al., 2015).

Bislang sind diese Zusammenhänge im Sinne einer *Home Science Environment* allerdings (mit wenigen Ausnahmen, z.B. Junge et al., 2021) wenig systematisch erforscht. Im naturwissenschaftlichen Kontext wird der Fokus eher auf vereinzelte Aspekte der HLE und deren Zusammenhänge gelegt. Weiterhin ist unklar, ob die Befunde aus den Bereichen der *Numeracy* und *Literacy* auf den naturwissenschaftlichen

Kontext übertragbar sind. Darauf soll in den folgenden Kapiteln und Unterkapiteln näher eingegangen werden, indem ein Überblick, verknüpft mit theoretischen Einbettungen und empirischen Befunden, zu den einzelnen proximalen und distalen Faktoren des dargestellten Modells der HLE gegeben wird.

2.3 Zusammenhang naturwissenschaftlicher Interaktionen mit den kindlichen Kompetenzen

2.3.1 Globale und domänenspezifische Eltern-Kind-Interaktionen

Die Interaktionen zwischen Eltern und Kindern werden als zentraler und proximaler Einflussfaktor für die kindliche Entwicklung angenommen (Bronfenbrenner & Morris, 2006). So zeigten bereits mehrere (längsschnittliche) *large-scale*-Studien die Bedeutung der Häufigkeit und Qualität von gemeinsamen Eltern-Kind-Interaktionen für die kognitive und sozio-emotionale Entwicklung der Kinder auf, wie dem gemeinsamen Buchlesen, bei Zahlen- und Brettspielen, oder Rollenspielen. Dies erfolgte z.B. im Rahmen der European Child Care and Education (ECCE)-Studie (Tietze et al., 1999), des Effective Provision of Preschool Education (EPPE) bzw. Effective Pre-school, Primary and Secondary Education (EPPSE)-Projekts (Melhuish et al., 2008; Sammons et al., 2015; Sylva et al., 2004; Taggart et al., 2015; Toth et al., 2020), der Study of Early Child Care and Youth Development (SECCYD) des National Institute of Child Health and Human Development (NICHD; NICHD Early Child Care Research Network [NICHD ECCRN], 2001, 2004), oder – im deutschen Kontext – im Rahmen der Studie Bildungsprozesse, Kompetenzentwicklung und Selektionsentscheidungen im Vorschul- und Schulalter (BiKS; Kluczniok et al., 2013; Lehrl, 2018; Lehrl et al., 2020). Insbesondere die Einflüsse von Eltern-Kind-Interaktionen im frühkindlichen Bereich zeigten hohe Zusammenhänge mit der Entwicklung der Kinder auf. Diese sind sogar noch in späteren Jahren nach Schuleintritt nachweisbar, und können die Effekte der dann gegenwärtigen HLE (Downer & Pianta, 2006; Lehrl et al., 2020; NICHD ECCRN, 2004; Sammons et al., 2015) und auch die Einflüsse distaler Merkmale wie dem familiären SES auf die Kompetenzen überwiegen (Bonifacci et al., 2021; Melhuish et al., 2008; Morgan et al., 2016; Wirth et al., 2023). Nichtsdestotrotz spielt auch die HLE in späteren Jahren eine große Rolle für die Entwicklung der Kinder. So konnten zwei Meta-Studien positive (kleine bis moderate) Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit von lernförderlichen Interaktionen in der späteren HLE von Schulkindern und deren akademischen schulischen Leistungen (Barger et al., 2019; Hill & Tyson, 2009) sowie der sozialen, emotionalen und motivationalen Entwicklung der Kinder aufzeigen (Barger et al., 2019). Beide Studien weisen allerdings darauf hin, dass (ausschließlich) die Häufigkeit elterlicher Unterstützung bei den Hausaufgaben ihrer Kinder negativ mit deren schulischen Leistungen zusammenhängt. Als Erklärung wird angeführt, dass Eltern insbesondere mehr Hausaufgabenförderung geben, wenn ihr Kind im schulischen Bereich Defizite aufweist, und um diese auszugleichen (Barger et al., 2019; Hill & Tyson, 2009). Insgesamt zeigen diese empirischen Befunde die Wichtigkeit häufiger und qualitativ-hochwertiger Interaktionen in der HLE für die kindliche Entwicklung vor und nach Schuleintritt auf.

Während diese größer angelegten Studien zwar die Bedeutung der HLE für die kurz- und längerfristige kindliche Entwicklung hinsichtlich sozio-emotionaler (NICHD ECCRN, 2001, 2004; Tietze et al., 1999), und kognitiver Aspekte wie sprachlichen und mathematischen Kompetenzen (Kluczniok et al., 2013; Lehrl et al., 2020; Melhuish et al., 2008; Tietze et al., 1999) aufzeigen, nehmen sie oftmals eine globale Perspektive auf die HLE ein und verbinden mehrere Bildungsdomänen unter einem Gesamtkonstrukt der HLE (vgl. Lehrl, 2018; z.B. Melhuish et al., 2008; Sammons et al., 2015; Tietze et al., 1999). Dabei verbinden sie oftmals (auch aus testökonomischen Gründen) die Häufigkeit von Eltern-Kind-Interaktionen in den Bereichen *Literacy* (z.B. Häufigkeit von Vorlesesituationen, gemeinsames Buchstabenlernen), *Numeracy* (z.B. gemeinsames Zählen, Brettspiele spielen) und anderen alltäglichen, mehr generischen Interaktionen (z.B. gemeinsames Rollenspiel, gemeinsames Tanzen und Singen) unter einem

Gesamtkonstrukt (selten werden dabei auch naturwissenschaftsspezifische Aspekte einbezogen). Allerdings weisen entwicklungspsychologische Befunde darauf hin, dass die Entwicklung von Kompetenzen bei Kindern nicht global über alle Bereiche hinweg verläuft, sondern zu einem gewissen Ausmaß in domänenspezifischen Bereichen angesiedelt ist (Vosniadou, 2013; Wellman & Gelman, 1992). So nennt Vosniadou (2013, p. 13) beispielsweise „*physics, psychology, mathematics, and language*“ als vier distinkte Domänen, in denen Kinder Wissen aufbauen. Mit einer Entwicklung kindlicher Kompetenzen in unterschiedlichen domänenspezifischen Bereichen geht, oftmals in kleineren Studien, konsequenterweise eine Betrachtung elterlicher Förderung in den entsprechenden Bereichen einher (z.B. Manolitsis et al., 2013; Senechal, 2006; Skwarchuk et al., 2014; Wirth et al., 2023), um bestmöglich verstehen zu können, welche Interaktionsprozesse in der HLE insbesondere lernförderlich für die Entwicklung des Kindes in der jeweiligen Domäne sind.

Insbesondere im Rahmen der *Home Literacy* und der *Home Numeracy Environment* wurden der Einfluss elterlicher *Literacy*- bzw. *Numeracy*-bezogener Förderung für die Entwicklung des Kindes in den entsprechenden Domänen untersucht. Dabei konnten verschiedene Studien den Zusammenhang der Häufigkeit *Literacy*-bezogener Interaktionen zwischen Elternteil und Kind und deren (schrift)sprachlichem Wissen (z.B. Bonifacci et al., 2021; Liu et al., 2018; Senechal, 2006; Skwarchuk et al., 2014) bzw. der Häufigkeit *Numeracy*-spezifischer Interaktionen und dem mathematischem Wissen der Kinder aufzeigen (z.B. Anders et al., 2012; Kleemans et al., 2012; LeFevre et al., 2009; Segers et al., 2015; Zippert & Rittle-Johnson, 2020). Für den naturwissenschaftlichen Kontext sind diese Zusammenhänge bislang weniger deutlich, worauf im nächsten Abschnitt näher eingegangen werden soll. Studien, die die *Home Literacy* und *Home Numeracy Environment* simultan betrachteten, stellten darüber hinaus domänenübergreifende Zusammenhänge fest. So beeinflusst die Häufigkeit *Literacy*-bezogener Interaktionen außerdem die *Numeracy*-bezogenen Kompetenzen der Kinder, während andersherum Zusammenhänge *Numeracy*-bezogener Interaktionen mit *Literacy*-Kompetenzen der Kinder kaum beobachtet werden konnten (Anders et al., 2012; Bonifacci et al., 2021; Manolitsis et al., 2013; Segers et al., 2015; Wirth et al., 2023). Es ist dabei anzunehmen, dass die *Home Literacy Environment* die sprachlichen Fähigkeiten des Kindes beeinflusst, die wiederum die Voraussetzung für den mathematischen Kompetenzerwerb darstellen (Anders et al., 2012; Segers et al., 2015). Aus dem naturwissenschaftlichen Kontext stellte (nach bisherigem Kenntnisstand) lediglich eine einzelne Studie domänenübergreifende Zusammenhänge zwischen der *Home Literacy* sowie der *Home Numeracy Environment* und den naturwissenschaftlichen prozessbezogenen Wissen der Kinder her (Experimentierverständnis, Piekny et al., 2012). Es wurden allerdings keine signifikanten Zusammenhänge mit der Häufigkeit *Numeracy*- oder *Literacy*-bezogener Interaktionen in der HLE aufgefunden (die *Home Science Environment* wurde hier nicht mit untersucht). Die geringe Befundlage und die Fokussierung der Studie auf einen einzelnen Teilbereich der naturwissenschaftlichen Kompetenzentwicklung der Kinder lassen allerdings keine definitiven Schlussfolgerungen zu, und weitere Forschungsvorhaben sollten diese Zusammenhänge detaillierter betrachten.

Im Sinne der *Home Literacy Environment* konnten darüber hinaus differenzielle Effekte der Häufigkeiten unterschiedlicher Eltern-Kind-Interaktionen auf die *Literacy*-bezogene Entwicklung des Kindes aufgezeigt werden (Sénéchal et al., 1998). Dabei können systematisch formelle Interaktionen (Fokus liegt auf dem gemeinsamen Erlernen von Buchstaben und Schrift, z.B. beim Aufsagen des Alphabets oder Schreiben des Namens) von informellen Interaktionen unterschieden werden (Fokus liegt auf der gesprochenen Sprache, z.B. bei Vorlesesituationen und der Einbindung des Kindes i.S.d. Dialogischen Lesens, Pillinger & Vardy, 2022; Whitehurst & Lonigan, 1998). Bei informellen Interaktionen wie (dialogischen) Vorlesesituationen wird die aktive Sprachproduktion des Kindes vermehrt angeregt und das Kind hört u.a. diversere Sprache als im alltäglichen Sprachgebrauch. Dadurch werden insbesondere die sprachlichen Fähigkeiten des Kindes wie der rezeptive und expressive Wortschatz gefördert (für Meta-

Analysen, s. Mol et al., 2008; Pillinger & Vardy, 2022), während formale Interaktionen eher schriftbasierte Kompetenzen wie Buchstabenkenntnisse beeinflussen (Lehrl et al., 2012; Liu et al., 2018; Manolitsis et al., 2013). Der differenzielle Einfluss formeller bzw. informeller Interaktionen in der *Home Literacy Environment* auf unterschiedliche Kompetenzen des Kindes konnte inzwischen in zahlreichen Studien bestätigt werden (Lehrl et al., 2012; Liu et al., 2018; Manolitsis et al., 2013; Senechal, 2006; Sénéchal & LeFevre, 2002; Sénéchal et al., 1998; Skwarchuk et al., 2014). Auch im mathematischen Bereich, im Sinne der *Home Numeracy Environment*, wurden die differenziellen Effekte unterschiedlicher Typen von Interaktionen auf unterschiedliche mathematische Wissensbereiche der Kinder untersucht. So zeigte sich in einigen Studien, dass die Häufigkeit informeller Interaktionen (z.B. das gemeinsame Spielen von Würfel-/Brettspielen oder Kartenspielen) positiv mit arithmetischen Kompetenzen der Kinder wie Addition und Subtraktion, und die Häufigkeit formeller Interaktionen (z.B. Objekte zählen, Rückwärtszählen, Zahlen erkennen und schreiben) mit der Kenntnis von Mengen und Zahlen wie z.B. der Zahlenreihenfolge, Ordinalität und Kardinalität, sowie zu Größenverhältnissen zusammenhängen (LeFevre et al., 2009; Skwarchuk et al., 2014).⁴ Die Befunde im Bereich der *Numeracy* sind allerdings weniger kohärent als im Bereich der *Literacy*. In zwei Studien konnten beispielsweise keine Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit informeller Interaktionen mit den entsprechendem mathematischen Wissensbereichen der Kinder gefunden werden, jedoch zwischen der Häufigkeit formeller Interaktionen und der Zahlenkenntnis der Kinder (LeFevre et al., 2010; Manolitsis et al., 2013). Auch andere Subtypen von Interaktionen werden betrachtet. Dearing et al. (2012) sowie Zippert und Rittle-Johnson (2020) unterschieden z.B. zwischen *Numeracy*- (eine Verbindung formeller und informeller mathematischer Interaktionen), *Spatial*- sowie *Pattern*-bezogenen Interaktionen. Sie fanden darüber hinaus nur Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit *Numeracy*-bezogener Interaktionen und den *Numeracy*-bezogenen Kompetenzen der Kinder (Reihenfolge der Zahlen, Zahlen zu Mengen zuordnen), jedoch nicht zwischen den anderen Subtypen der Interaktionen und den entsprechenden mathematischen Wissensbereichen. Es ist allerdings weitestgehend unklar, inwieweit diese Befunde aus der *Home Literacy* und *Home Numeracy Environment* auf den naturwissenschaftlichen Kontext übertragbar sind, worauf im folgenden Kapitel noch näher eingegangen werden soll.

Neben der Häufigkeit gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen ist auch die Qualität – also *wie* die Eltern mit ihren Kindern in den unterschiedlichen Domänen interagieren – für die domänenspezifische Entwicklung der Kinder wichtig. Zum Beispiel zeigten Studien aus dem *Numeracy*-Bereich positive Zusammenhänge zwischen Mathematik-bezogener Äußerungen in alltäglichen Spiel- oder gemeinsamen Essenssituationen ("*math talk*", Ramani et al., 2015; Son & Hur, 2020) und dem mathematischen Wissen der Kinder auf (S. He et al., 2022; Ramani et al., 2015; Susperreguy & Davis-Kean, 2016). *Math-talk* umfasst beispielweise das Fokussieren auf und Verwenden von Zahlworten, Auffordern zu simplen Kopfrechnungen oder das Vergleichen von Mengen in gemeinsamen Mathematik-spezifischen Interaktionen (Ramani et al., 2015; Son & Hur, 2020; Susperreguy & Davis-Kean, 2016), dessen Konzeptualisierung durch weitere, mehr generische Merkmale, wie das Stellen offener Fragen durch das Eltern teil, erweitert werden kann (Bustamante et al., 2020; Vandermaas-Peeler et al., 2018). Auch aus dem *Literacy*-Bereich ist bekannt, dass Merkmale von gemeinsamen Eltern-Kind-Interaktionen, die auf die Förderung von *Literacy*-bezogenem Wissens bei dem Kind fokussieren – und durch andere generische Merkmale ergänzt werden –, besonders förderlich für die entsprechenden Kompetenzen des Kindes sind (Hammet et al., 2003; Leseman & van den Boom, 1999; Price et al., 2009). Ein Forschungsstrang aus dieser Domäne untersucht beispielsweise die Wirkung des Dialogischen Lesens auf die *Literacy*-bezogene Entwicklung der Kinder (Whitehurst & Lonigan, 1998). Im Kontrast zu einer „klassischen“

⁴ In der Forschung zur *Home Numeracy Environment* wird statt von informellen/formellen auch von indirekten/direkten Aktivitäten gesprochen (LeFevre et al., 2009). Aus Gründen der Einheitlichkeit wird im Folgenden nur die erstere Nomenklatur verwendet.

Vorlesesituation regen während des Dialogischen Lesens die Eltern das Kind einerseits durch gezielte Impulse zur aktiven Sprachproduktion an (z.B. durch das Stellen offener Fragen, Aufforderungen die Geschichte fortzusetzen), andererseits gehen sie auf Äußerungen der Kinder ein, und korrigieren und erweitern diese durch sprachbezogenes Feedback (z.B. sprachliche Wiederholungen, Fortsetzungen und Erweiterungen der Kommentare des Kindes). Die positiven Zusammenhänge Dialogischen Lesens mit der Entwicklung des Kindes wurde inzwischen in zahlreichen Studien bestätigt (siehe Pillinger & Vardy, 2022 für ein Review).

Auch für den naturwissenschaftlichen Kontext kann angenommen werden, dass gemeinsame Eltern-Kind-Interaktionen bedeutsam für die kindlichen Kompetenzen in den Naturwissenschaften sind, und neben ihrer Häufigkeit die Qualität eine Rolle spielt (siehe Haden, 2010 für ein Literaturreview aus dem außerhäuslichen Kontext). Hierauf soll in den folgenden Kapiteln detaillierter eingegangen werden.

2.3.2 *Naturwissenschaftliche Eltern-Kind-Interaktionen*

Naturwissenschaftliche Interaktionen zwischen Eltern und Kind können in vielen Situationen stattfinden, die eng mit dem familiären Alltag der Kinder und Eltern verbunden sind (DeWitt & Archer, 2017; Lin & Schunn, 2016; Silander et al., 2018). Diese alltäglichen Situationen können entlang eines Spektrums betrachtet werden, das einerseits spontan auftretende Interaktionen über naturwissenschaftliche Phänomene beschreibt, denen Eltern und Kinder zufällig im Alltag begegnen. Am anderen Ende dieses Spektrums können fokussiertere Interaktionen stehen, die eher intendierte Lernziele verfolgen, zumeist zielgerichteter sind oder aus einem zugrundeliegenden Interesse heraus auftreten – mit vielen Interaktionen, die sich entlang dieses Spektrums anordnen (Bell et al., 2009).

Spontan auftretende Interaktionen verfolgen zumeist nicht unbedingt ein explizites Lernziel oder haben eine festgelegte Intention einen naturwissenschaftlichen Lerngegenstand zu erkunden. Diese Interaktionen entstehen eher zufällig im familiären Alltag aus einem situationalen Interesse des Kindes (oder Elternteils) heraus und können oftmals und bei vielen alltäglichen Gelegenheiten auftreten (Bell et al., 2009; Silander et al., 2018). Zum Beispiel, wenn Kinder spontane Fragen an ihre Eltern richten („Warum habe ich blaue und Mama braune Augen?“; „Wo geht der Schnee hin?“; Wieso kommt Rauch aus dem Schornstein?“) (Callanan & Oakes, 1992; Eshach, 2006), bei gemeinsamen Spaziergängen, wenn Pflanzen und Tiere situativ interessant erscheinen und beobachtet werden (McClain & Zimmerman, 2016; Silander et al., 2018). Oder bei Gesprächen am Esstisch, z.B. wenn das Kind mit einem Strohhalm Blasen im Getränk erzeugt oder bei der Klärung der Frage, warum es auch das Gemüse aufessen sollte (Bell et al., 2009; Pattison & Dierking, 2019). Aus diesen spontanen Fragen und Erlebnissen heraus können durch gemeinsame Gespräche und Erklärungen der Eltern potentielle Lerngelegenheiten über naturwissenschaftliche Themen entwickeln (Callanan & Oakes, 1992; Hall & Schaverien, 2001; Luce et al., 2017). Auch wenn einige dieser Fragen (oder andere zufällig auftretende Interaktionen) teilweise einen weniger offensichtlichen Bezug zu naturwissenschaftlichen Themen haben (und manchmal auch gar nicht unbedingt als naturwissenschaftsspezifisch wahrgenommen werden), bilden sie dennoch einen ersten wichtigen Rahmen, um über naturwissenschaftliche Phänomene nachzudenken und zu sprechen (Bell et al., 2009; Hall & Schaverien, 2001; Pattison & Dierking, 2019).

Während fokussierterer Interaktionen können Familien konkretere Lernziele verfolgen und intendieren. Auch sind diese Aktivitäten oftmals eindeutiger der naturwissenschaftlichen Domäne zuzuordnen. Diese umfassen Interaktionen wie das gemeinsame Lesen eines naturwissenschaftlichen (Bilder-)Buchs (Leech et al., 2020; Miller-Goldwater et al., 2023; Shirefley et al., 2020), die Nutzung naturwissenschaftlicher Medien (Hightower et al., 2022), oder das gemeinsame Gärtnern oder Kochen (Silander et al., 2018; Vandermaas-Peeler et al., 2019). Einige dieser Interaktionen rühren auch weniger aus einem situationalen, sondern einem stabileren Interesse der Kinder (oder eines Elternteils) her, und können daher oftmals langanhaltender und themenspezifischer sein (Bell et al., 2009), z.B. wenn

sich Kinder intensiv mit den Themen „Dinosaurier“ oder „Weltall“ beschäftigen, von ihren Eltern dabei unterstützt werden, und auf diesem Gebiet „Experten“ werden (Hao & Fleer, 2017; Palmquist & Crowley, 2007). Bei älteren Schulkindern kann auch das Reden über das in der Schule Erlebte (Camilleri et al., 2021; Leichtman et al., 2017) oder die Hilfe bei Hausaufgaben (Otani, 2020) eine Rolle für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen durch mehr fokussierte Interaktionen in der HLE spielen.

Neben solch alltäglichen Situationen spielen auch familiäre Interaktionen im institutionalen Kontext, wie dem Museum, Zoo oder Science Center eine wichtige Rolle für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder (Ash, 2003; Bell et al., 2009; Falk & Dierking, 2018; H. T. Zimmerman et al., 2010). Interaktionen zwischen Eltern und Kindern in diesen Kontexten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Beschaffenheit prinzipiell wenig von den mehr alltäglichen Interaktionen, außer dass die Exponate und Hinweise in institutionalen Kontexten das Lernen mehr strukturieren und anleiten, und dass Erfahrungen in diesen Kontexten sporadischer vorliegen als es in alltäglicheren Situationen der Fall ist (Bell et al., 2009). Es können sich darüber hinaus viele Schnittpunkte zwischen dem alltäglichen naturwissenschaftlichen Lernen und den Erlebnissen in Zoos, Museen, oder Science Centern ergeben, z.B. indem eine Institution aufgesucht wird, die naturwissenschaftliche Themen behandelt, zu denen das Kind im häuslichen Kontext bereits ein großes Interesse zeigt und zu denen zu Hause demnach viele (fokussiertere) Interaktionen vorliegen (Bell et al., 2009), oder wenn im institutionalen Kontext bei den entsprechenden Exponaten Verbindungen zu Erfahrungen im häuslichen Kontext gezogen werden (Bell et al., 2009; Callanan et al., 2017; McClain & Zimmerman, 2016; H. T. Zimmerman et al., 2010).

Erste und jüngere Befunde aus dem naturwissenschaftlichen Bereich zeigen, dass die Häufigkeit alltäglicher naturwissenschaftlicher Interaktionen zwischen Elternteil und Kind (Bae et al., 2023; Junge et al., 2021; Westerberg et al., 2022), sowie die Häufigkeit der Besuche in naturwissenschaftlichen institutionalen Kontexten (Suter, 2014) positiv mit der kindlichen naturwissenschaftlichen Entwicklung zusammenhängen, was kongruent zu den Befunden aus den Domänen *Literacy* und *Numeracy* ist. Differenzielle Betrachtungen der Zusammenhänge unterschiedlicher Interaktionen mit unterschiedlichen Outcomes der Kinder liegen für die *Home Science Environment* hingegen kaum vor. Nach bisherigem Kenntnisstand differenzierte eine einzelne Studie zwischen naturwissenschaftlichen Interaktionen, die a) das gemeinsame Sprechen über unterschiedliche Inhalte (in alltäglichen Situationen) und b) prozessbezogene Interaktionen betreffen (gemeinsame Beobachtungen in alltäglichen Situationen machen, Fragestellungen dazu aufwerfen, Vermutungen testen) (Westerberg et al., 2022).⁵ In dieser Studie wurden ausschließlich positive Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit des Sprechens über naturwissenschaftliche Inhalte und dem naturwissenschaftlichen Inhaltswissen der Kinder aufgedeckt, nicht aber mit prozessbezogenen Interaktionen. Ob wiederum prozessbezogene Interaktionen in alltäglichen Situationen mit prozessbezogenem Wissen der Kinder zusammenhängen, wurde hier jedoch nicht differenziell untersucht. Somit bleiben die differenziellen Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Typen von Interaktionen mit unterschiedlichen Wissensbereichen der Kinder weiterhin unklar. Aufgrund der geringen Befundlage ist ebenso unsicher, ob nicht auch andere Unterscheidungen von unterschiedlichen Subtypen naturwissenschaftlicher Interaktionen denkbar sind, und inwieweit diese differenziell mit der naturwissenschaftlichen Entwicklung der Kinder zusammenhängen.

Weiterhin ist unklar, inwieweit die (zahlreichen) Befunde aus der *Home Numeracy* und *Home Literacy Environment* auf den naturwissenschaftlichen Bereich übertragbar sind. Zunächst scheint eine Unterscheidung zwischen formellen und informellen Interaktionen im naturwissenschaftlichen Kontext nicht

⁵ In dieser Studie bleibt unklar, wie die beiden Skalen gebildet wurden. Zwar wird eine konfirmatorische Faktorenanalyse mit zwei entsprechenden Faktoren anhand von 10 Items durchgeführt, allerdings ist die konzeptuelle Zuordnung der Items zu den beiden Faktoren und deren Implementierung in darauffolgende Strukturgleichungsmodelle (bei lediglich 125 Studienteilnehmer*innen) nur wenig nachvollziehbar. Die Ergebnisse müssen anhand dieser Limitationen betrachtet werden.

direkt umsetzbar zu sein. Es ist unsicher, inwieweit informelle Interaktionen (*Literacy*-bezogene und mathematische Phänomene werden indirekt gelernt, z.B. durch das Zählen in Brettspielen oder Sprachproduktion beim Vorlesen) im naturwissenschaftlichen Bereich Entsprechung finden. Es werden z.B. auch beim gemeinsamen Lesen eines naturwissenschaftlichen (Bilder-)Buchs oder der gemeinsamen Nutzung naturwissenschaftlicher Apps naturwissenschaftliche Themen vermutlich eher direkt angesprochen (was „indirektes“ Lernen unwahrscheinlich macht). Darüber hinaus sind Aspekte formeller Interaktionen in *Numeracy* (z.B. Zählen oder Zahlen erkennen), oder *Literacy* (z.B. Schreiben und Lesen des eigenen Namens) relativ abgrenzbare Förderbereiche, während naturwissenschaftliche Themen oftmals viel breiter gestreut sind (z.B. Entstehung von Gewitter, Entstehung von Ebbe und Flut, Aussterben der Dinosaurier, Aggregatzustände des Wassers). Einige naturwissenschaftliche Themen können darüber hinaus unmittelbar erkennbar sein (z.B. das Aufkommen von Gewitter oder Regen; Eichhörnchen vergraben Nüsse für den Winter). Andere Themen können weniger fokussiert oder weniger unmittelbar erkennbar sein (z.B. Kind wirft Dinge ins Wasser, wirft einen Papierflieger). Somit bleibt unklar, was konkrete formelle Interaktionen in den Naturwissenschaften überhaupt ausmacht. Daher scheint es sinnvoll, auf eine andere Differenzierung naturwissenschaftlicher Interaktionen zu fokussieren, z.B. wie von Westerberg et al. (2022) vorgeschlagen, um zu identifizieren, welche unterschiedlichen Typen von Interaktionen insbesondere lernförderlich für unterschiedliche Bereiche des naturwissenschaftlichen Wissens des Kindes sind.

Durch die breite Streuung naturwissenschaftlicher Themen ergibt sich eine weitere Unterscheidung zu den Bereichen *Literacy* und *Numeracy*. Diese können für Eltern manchmal einen weniger offensichtlichen oder zugänglichen Förderbereich darstellen. Aufgrund weniger positiver Erfahrungen im Schulkontext (Kaya & Lundeen, 2010; Saçkes, 2014; Shymansky et al., 2000) könnten Eltern die Naturwissenschaften als zu schwer für junge Kinder ansehen und weniger häufig zu Hause umsetzen (Saçkes, 2014). Zudem weisen Eltern oftmals ein geringeres Selbstkonzept in den Naturwissenschaften als in anderen Domänen auf (Silander et al., 2018; Sonnenschein et al., 2022). Empirische Befunde weisen darauf hin, dass Eltern teilweise Schwierigkeiten und wenige Ideen darüber haben, wie sie mit ihren Kindern über naturwissenschaftliche Themen interagieren können (Eberbach & Crowley, 2017; Silander et al., 2018), und manchmal Hinweise und Stimuli notwendig sind, die konkrete naturwissenschaftliche Themenvorschläge anbieten (Eberbach & Crowley, 2017; Luce et al., 2017; Raynal et al., 2022). Dies könnte einerseits zu einer geringeren Häufigkeit naturwissenschaftlicher Interaktionen im familiären Kontext im Gegensatz zu anderen Domänen führen (Saçkes, 2014; Sonnenschein et al., 2022). Andererseits könnte sich die geringere Zugänglichkeit und Konkretheit naturwissenschaftlicher Themen auf die Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen auswirken (siehe nächster Abschnitt) (Eberbach & Crowley, 2017; Palmquist & Crowley, 2007). Es ist somit denkbar, dass die Befunde aus anderen Domänen nicht direkt auf den naturwissenschaftlichen Kontext übertragbar sind, sodass diesbezüglich weitere Forschung notwendig erscheint.

2.3.3 Qualität naturwissenschaftlicher Eltern-Kind-Interaktionen

Neben der Häufigkeit naturwissenschaftlicher Interaktionen ist anzunehmen, dass auch deren Qualität eine große Rolle für die naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder spielt (Anders & Oppermann, 2024; Haden, 2010). „Qualität“ bezieht sich auf das *Wie* der Interaktionen zwischen Elternteil und Kind, und umfasst das Auftreten und die Intensität unterschiedlicher Aspekte, die als besonders förderlich für die Entwicklung von z.B. dem naturwissenschaftlichen Wissen, der Motivation oder den Lernprozessen der Kinder angenommen werden. Dies umfasst Aspekte wie die Tiefe und Dauer von Dialogen, die Fragen, Erklärungen, oder Unterstützungsmaßnahmen des Elternteils während der gemeinsamen naturwissenschaftlichen Interaktionen, oder das Herstellen von Verbindungen zu vorherigen Erfahrungen der Familie (Downer & Pianta, 2006; Pianta, 2004; Roßbach et al., 2024). Aber auch emotional-motivationale Aspekte wie die Herzlichkeit zwischen Elternteil und Kind oder das Autonomie- und

Kompetenzerleben des Kindes in den gemeinsamen (Lern-)Situationen gelten als bedeutsam für qualitativ hochwertige Interaktionen und die Entwicklung der Kinder (Linberg et al., 2020; Vallotton et al., 2017).

Konzeptualisierung der Interaktionsqualität

Die Interaktionsqualität wird oft als ein komplexes Konstrukt verstanden, in welchem die Eltern das Lernen ihrer Kinder durch unterschiedliche Maßnahmen kognitiv sowie emotional und motivational begleiten und unterstützen. Beispielsweise aktivieren Eltern ihre Kinder zum vertieften Nachdenken durch das Stellen offener Fragen, unterstützen die Denkprozesse ihrer Kinder durch geeignete Hilfestellungen, geben Erklärungen, und motivieren das Kind zur gemeinsamen Interaktion (Haden, 2010; Pattison & Dierking, 2019; Pianta, 2004; H. T. Zimmerman et al., 2010). Viele dieser unterschiedlichen Aspekte gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen treten simultan auf und beeinflussen die gemeinsamen Interaktionen (Brito et al., 2014). Um dieses komplexe Konstrukt empirisch zu erfassen, wird es (oftmals im Kita- oder Schulkontext, aber auch im familiären Kontext) durch eine geringere Anzahl übergeordneter Dimensionen konzeptualisiert, welche jeweils theoretisch abgrenzbare Aspekte von Interaktionsqualität umfassen (Brito et al., 2014; Pianta & Hofkens, 2023; Roßbach et al., 2024) und durch weitere Subdimensionen oder Facetten strukturiert werden können (siehe auch zu Befunden aus dem Kita- und Schulkontext Pianta & Hofkens, 2023; Praetorius & Charalambous, 2018; Praetorius et al., 2018). Eine Konzeptualisierung stellt dabei eine Schlüsselstelle zwischen Theorie und empirisch messbaren Konstrukten dar, welches zu einem klaren Verständnis mit eindeutigen Operationalisierungen des erfassten Konstrukts führen soll. Uneindeutige Konzeptualisierungen hingegen können fragmentierte Befunde bedingen, wenn ein uneinheitliches Verständnis über das zu messende Konstrukt herrscht, oder sogar widersprüchliche Befunde, wenn für dasselbe Konstrukt unterschiedliche Definitionen herangezogen werden (Babbie, 2012).

Bisherige Studien zu naturwissenschaftlichen Interaktionen in der HLE scheinen jedoch nur selten eine klare konzeptuelle Definition der Qualität von Eltern-Kind-Interaktionen vorzunehmen. Es wird oftmals auf eine niedrig-inferente Häufigkeitszählungen unterschiedlicher Aspekte von Interaktionsqualität fokussiert. Zum Beispiel werden unter dem Begriff „*causal talk*“ (Alvarez & Booth, 2016; Bae et al., 2023; Booth et al., 2020) elterliche Fragen und das Geben von Erklärungen zusammengefasst, die in anderen Studien (z.B. Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; van Schijndel & Raijmakers, 2015; H. T. Zimmerman et al., 2010) als unterschiedliche Aspekte von Interaktionsqualität aufgefasst werden. Auch der Begriff „*elaborative talk*“ (Leech et al., 2020; Miller-Goldwater et al., 2023) umfasst eine Breite von Operationalisierungen wie Verknüpfungen zum naturwissenschaftlichen Alltag, elterlichen Erklärungen, zu Fragestellungen, die gemeinsam geklärt werden. Unter den Begriffen „*proposing actions*“ und „*interpreting results*“ (Franse et al., 2021; Gutwill & Allen, 2010) werden wiederum unterschiedlichste prozessbezogene Interaktionen zwischen Elternteil und Kind erfasst. Der Fokus liegt damit eher auf einzelnen Operationalisierungen mit stark unterschiedlichen Benennungen über die Studien hinweg. Auch wenn dies ein valides Vorgehen ist, und die Vielfalt bisheriger Studien in ihrer Perspektive auf naturwissenschaftliche Interaktionen in der HLE betont, lassen sich dadurch nur schwer Vergleiche zwischen den Studien ziehen sowie gemeinsame Auffassungen wichtiger, übergeordneter Konstrukte von Interaktionsqualität identifizieren. Dies erschwert die Feststellung solcher Aspekte oder Dimensionen von Interaktionsqualität, die besonders bedeutsam für die kindliche naturwissenschaftliche Entwicklung sind. Eine Einordnung dieser Befunde durch eine systematische Konzeptualisierung könnte die Vergleichbarkeit zwischen den Studien fördern.

Bisherige Studien zu naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen fokussierten darüber hinaus eher auf einzelne Aspekte von Interaktionsqualität (wie das Stellen offener Fragen, elterliche Erklärungen, Verknüpfungen zum Alltag) (z.B. K. R. Kelly et al., 2022; McClain & Zimmerman, 2016; Ocular et

al., 2022; H. T. Zimmerman et al., 2010). Dies ist aus forschungsökonomischen Gründen ein valides Vorgehen. Da Interaktionsqualität i.d.R. allerdings als ein komplexes Konstrukt angesehen wird, könnte der Fokus auf eine kleine Auswahl von Aspekten nicht ausreichen, um die umfassenden Dynamiken in Eltern-Kind-Interaktionen zu begreifen. Demgegenüber könnte eine breitere Perspektive, die mehrere Aspekte von Interaktionsqualität unter unterschiedlichen übergeordneten und theoretisch abgrenzbaren Dimensionen einordnet, neue Einblicke in die naturwissenschaftlichen Interaktionen in der HLE geben und den Fokus über vereinzelte Aspekte hinweg erweitern.

Auch unterscheiden sich die Studien hinsichtlich ihrer Perspektive auf eher domänenspezifische Aspekte von Interaktionsqualität wie Verknüpfungen zum Alltag des Kindes (Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; McClain & Zimmerman, 2014, 2016), elterlichen naturwissenschaftlichen Erklärungen (Crowley, Callanan, Jipson, et al., 2001; Eberbach & Crowley, 2017; Ocular et al., 2022) oder prozessbezogenen Dialogen (Sprechen, wie ein Experiment durchgeführt wird, über Beobachtungen und Vermutungen; Franse et al., 2021; Gleason & Schauble, 1999; Gutwill & Allen, 2010), gegenüber einer Perspektive auf generische Aspekte von Interaktionsqualität wie das Stellen offener Fragen (Kaya & Lundeen, 2010; Solis & Callanan, 2021) oder elterlichen Unterstützungsmaßnahmen wie Hilfestellungen und das Hinweisen auf wesentliche Punkte des untersuchten Phänomens (Chandler-Campbell et al., 2020; Tscholl & Lindgren, 2016). Generische Aspekte spielen eine große Rolle in Interaktionen in unterschiedlichen Domänen, wie auch in der *Literacy* (Leseman & van den Boom, 1999; Pillinger & Vardy, 2022; Price et al., 2009; Roßbach et al., 2024) oder *Numeracy* (Bustamante et al., 2020; Roßbach et al., 2024; Vandermaas-Peeler et al., 2018), und zielen auf die kindliche Entwicklung entlang vieler Domänen ab, während domänenspezifische Aspekte eher die kindliche Entwicklung innerhalb eines abgrenzbaren Förderbereichs adressieren (Baron et al., 2023; Roßbach et al., 2024; Seidel & Shavelson, 2007). Beispielsweise wurden in der BiKS-Studie im Rahmen gemeinsamer Vorlesesituationen zwischen zwei domänenspezifischen Dimensionen (einer *Literacy*- und einer *Numeracy*-spezifischen) und einer generischen Dimension von Interaktionsqualität unterschieden (Lehrl, 2018; Roßbach et al., 2024) Dabei wurde – äquivalent zu Befunden aus dem Schulkontext (Seidel & Shavelson, 2007) – signifikante (positive) Zusammenhänge zwischen domänenspezifischer Interaktionsqualität und den domänenspezifischen Kompetenzen der Kinder gefunden (Lehrl, 2018, mit domänenübergreifenden Effekten). Somit erscheint es sinnvoll, auch in einer konzeptuellen Betrachtung von Interaktionsqualität im naturwissenschaftlichen Kontext zwischen eher generischen und domänenspezifischen Aspekten zu differenzieren.

Eine klarere konzeptuelle Definition der Interaktionsqualität könnte es demnach erleichtern, wesentliche Merkmale zu identifizieren, die bedeutsam für die kindliche Entwicklung in den Naturwissenschaften sind. Hinweise dazu könnten aus vorheriger Forschung gewonnen werden. In Ansätzen zur empirischen Erfassung von Eltern-Kind-Interaktionen in anderen Domänen oder generischen Betrachtungsweisen der Interaktionsqualität wird die Qualität oftmals durch zwei übergeordnete Dimensionen konzeptualisiert, wobei zwischen einer kognitiv-orientierten und einer Dimension, welche emotional-motivationale Aspekte umfasst, differenziert wird (mit teilweise unterschiedlichen Benennungen und Konzeptualisierungen; Brito et al., 2014; Linberg et al., 2020; Roßbach et al., 2024; Vallotton et al., 2017). Im Folgenden werden nähere Einblicke in diese Dimensionen und ihre theoretischen Rahmungen gegeben, während für den naturwissenschaftlichen Kontext bislang allerdings offenbleiben muss, inwieweit eine solche Konzeptualisierung übertragbar ist.

In bisheriger Forschung zu Eltern-Kind-Interaktionen in der HLE wird die elterliche emotional-motivationale Unterstützung als eine grundlegende Dimension von Interaktionsqualität angesehen (Brito et al., 2014; Linberg et al., 2020; Vallotton et al., 2017), welche beispielsweise in Selbstbestimmungs- (Ryan & Deci, 2000) und Bindungstheorien (La Guardia et al., 2000) eingerahmt werden kann. Demnach spielen generische Aspekte wie die positive Beziehung zwischen Elternteil und Kind (z.B. Herzlichkeit

und gegenseitiger Respekt, Wärme der Interaktion, Geduld des Elternteils, Elternteil nimmt sich Zeit für Kind), die Autonomie- (z.B. wird den kindlichen Interessen nachgegangen, Kind darf mitbestimmen, hat die Initiative) und das Kompetenzerleben des Kindes (z.B. Lob und Wertschätzung des Elternteils, Umgang mit Fehlern, Zeit zum Nachdenken) eine zentrale Rolle für gemeinsame Interaktionen. Diese Aspekte werden als unabdingbar für gelingende Interaktionen im familiären Kontext angesehen. Sie gelten als Grundlage dafür, dass das Kind ausreichend motiviert ist um sich auch kognitiv mit einem Lerngegenstand auseinanderzusetzen, sodass (inhaltliches) Lernen überhaupt erst stattfinden kann (Eccles & Wigfield, 2020; Ryan & Deci, 2000). Bisherige empirische Befunden zeigten beispielsweise die Bedeutung emotional-motivationaler Aspekte in gemeinsamen Eltern-Kind-Interaktionen für die akademische (Joussemet et al., 2008; Lehl, 2018; NICHD ECCRN, 1998, 2001; Roßbach et al., 2024) sowie die sozio-emotionale Entwicklung der Kinder auf (Bardack et al., 2017; Joussemet et al., 2008; NICHD ECCRN, 1998, 2001, 2004). Somit kann angenommen werden, dass (generische) emotional-motivationale Aspekte von Interaktionsqualität auch für naturwissenschaftsspezifische Eltern-Kind-Interaktionen einen zentralen Faktor darstellen, welche schließlich die naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder begünstigen. Auch in Konzeptualisierungen von Interaktionsqualität in formalen Lernkontexten wie der Kita oder Schule werden emotional-motivationale Aspekte als eine wesentliche Dimension angenommen (z.B. als Aspekte des *individual learning support*, Kunter & Voss, 2013; *emotional support*, Pianta & Hofkens, 2023).

Neben einer emotional-motivationalen Dimension spielen in bisherigen Konzeptualisierungen von Interaktionsqualität im familiären Kontext auch kognitiv-orientierte Dimensionen eine große Rolle (Brito et al., 2014; Roßbach et al., 2024; Vallotton et al., 2017). Insbesondere gemeinsame Dialoge, in welchen Elternteil und Kind zusammen ein Phänomen erkunden und sukzessive dessen Inhalt aufdecken, werden als bedeutsam für kognitiv-orientierte Interaktionen und für die Kompetenzen der Kinder angenommen (Bell et al., 2009; Falk & Dierking, 2018; Pianta, 2004; Vygotsky, 1987). Während dieser gemeinsamen Dialoge kommt den Eltern beispielsweise die Rolle zu, die Denkprozesse und Vorstellungen des Kindes zu ergründen, anhand dessen weitere Denkprozesse zu aktivieren und durch angemessene Hilfestellungen zu unterstützen. Die kognitiv-orientierten Interaktionen zwischen Elternteil und Kind in naturwissenschaftlichen Lernsituationen werden oftmals in kognitive und sozio-kulturelle Lerntheorien eingebettet (Bell et al., 2009; Callanan & Valle, 2008; Falk & Dierking, 2018; Rogoff et al., 2016).

Sozio-kulturelle Lerntheorien heben die Interaktionen zwischen Elternteil und Kind als gemeinsame, soziale und ko-konstruktive Lernprozesse hervor (Falk & Dierking, 2018; Rogoff, 1990; Rogoff et al., 2016; Vygotsky, 1987). Insbesondere nach der Perspektive Vygotskys (1987) stellen die sprachlichen Facetten, die in dialogischer Interaktion zwischen Eltern und Kind vorliegen, ein wesentliches Merkmal der Lernprozesse zwischen Elternteil und Kind dar. In diesen Interaktionen werden Kinder als aktive Lernende angesehen, während den Eltern die Rolle als Begleiter der gemeinsamen Lernprozesse zukommt. Sie erkunden im gemeinsamen Dialog die Vorstellungen des Kindes und bauen auf diesen auf, indem sie das Kind einerseits zu sprachlichen Handlungen und vertieften Denkprozessen i.S.v. *higher-order-thinking* anregen (z.B. durch das Stellen offener Fragen, Einfordern von Begründungen oder Vermutungen), andererseits das kindliche Denken in solch stärker kognitiv herausfordernden Situationen unterstützen (Rogoff, 1990; Vygotsky, 1987). Wenn ein Kind ein Lernziel nach seinem aktuellen Entwicklungsstand nicht erreichen kann, es aber in potentieller Reichweite liegt, können Eltern geeignete Unterstützungsmaßnahmen treffen, um dem Kind über seine Zone der nächsten Entwicklung zu helfen (ZPD; Distanz zwischen aktuellem und potentielltem Entwicklungsstand). Diese Unterstützungsmaßnahmen, die das Kind ein Lernziel erreichen lässt, welches es ohne geeignete Unterstützung nicht erreichen würde, spiegeln sich auch in dem Konzept *scaffolding* wider (Wood et al., 1976). *Scaffolding* ist in besonderem Maße für jüngere Kinder wichtig, da deren Arbeitsgedächtniskapazitäten noch

geringer ausgeprägt sind und sie somit vermehrt auf Hilfestellungen angewiesen sein könnten (Kirschner et al., 2006). Zum *scaffolding* gehören beispielsweise verbale und nonverbale Unterstützungsmaßnahmen, wie das Hervorheben relevanter Merkmale und die Strukturierung des Geschehens in überschaubarere Phasen, die je nach Entwicklungsstand des Kindes auch weiter abgebaut werden können (Hopf, 2012; Wood et al., 1976).

Kognitive Lerntheorien (z.B. Piaget, 1973) heben weniger die sozialen Interaktionsprozesse zwischen Elternteil und Kind hervor, sondern das individuelle Kind als aktiven Lernenden, welches neue Erlebnisse und Wissen anhand bestehender Wissensstrukturen und mentaler Konstrukte wahrnimmt und anhand dieser konstruiert (Callanan & Valle, 2008; Wellman & Gelman, 1992). Danach stellt das soziale Umfeld vielmehr einen „Rahmen“ dar, unter dem das Kind neues Wissen aufbaut. Der Fokus liegt hierbei weniger auf den sozialen Interaktionen als auf den individuellen Voraussetzungen des Kindes, die wiederum in sozio-kulturellen Lerntheorien weniger Gewichtung bekommen (Callanan & Valle, 2008; Piaget, 1973).

Beide Theorien widersprechen sich nicht unbedingt, sondern betrachten das kindliche Lernen aus unterschiedlichen Perspektiven heraus und können sich ergänzen (Callanan & Valle, 2008; Rogoff, 1990). In einer Verknüpfung beider Ansätze stehen einerseits die dialogischen und ko-konstruktiven Interaktionsprozesse zwischen Elternteil und Kind als soziales Geschehen im Vordergrund, die andererseits durch die individuellen kognitiven und emotionalen Voraussetzungen des Kindes (und der Eltern) beeinflusst werden können (Bell et al., 2009; Callanan et al., 2017; Falk & Dierking, 2018; Rogoff, 1990). Diese Prinzipien finden sich auch in dem Konzept des *Sustained Shared Thinking* wieder, wonach qualitativ-hochwertige Interaktionen insbesondere dadurch charakterisiert werden, dass sich Erwachsener und Kind über längere Zeit einem Phänomen widmen, in einen ko-konstruktiven Dialog treten, gemeinsam über das Phänomen nachdenken und anhand bestehendem Wissens neues Wissen aufbauen, das Elternteil zu vertieftem Denken anregt und die Lernprozesse des Kindes (anhand dessen individueller Voraussetzungen) adäquat unterstützt (Hopf, 2012; Purdon, 2016; Siraj-Blatchford & Asani, 2015; Sylva et al., 2004).

Empirische Befunde zur Qualität naturwissenschaftlicher Eltern-Kind-Interaktionen

Im Folgenden sollen einige Befunde zur Qualität naturwissenschaftlicher Eltern-Kind-Interaktionen dargestellt werden, die hinsichtlich emotional-motivationaler und kognitiv-orientierter Aspekte aggregiert werden. Diese Befunde müssen allerdings mit der Einschränkung betrachtet werden, dass für den naturwissenschaftlichen Bereich eine eindeutige konzeptuelle Auftrennung unterschiedlicher Aspekte der Interaktionsqualität bislang selten vorgenommen wurde, sodass die nachfolgenden Ausführungen nur einen ersten vorsichtigen Überblick verschaffen kann.

Hinsichtlich emotional-motivationaler Aspekte weisen die Befunde auf eine eher hoch ausgeprägte Qualität von naturwissenschaftlichen Interaktionen in der HLE hin. So zeigen Eltern und Kinder überwiegend positive und nur eine geringe Anzahl negativer Emotionen in gemeinsamen Interaktionen (Borun et al., 1996; van Schijndel & Raijmakers, 2015; für äquivalente Befunde aus den Domänen *Literacy* und *Numeracy*, siehe Roßbach et al., 2024), was auf eine insgesamt hohe soziale Gebundenheit und auf warme, herzliche Interaktionen hindeutet. Eltern unterstützen ihre Kinder dabei, motiviert naturwissenschaftliche Phänomene zu erkunden und diese Motivation aufrechtzuerhalten (Pattison & Dierking, 2019). In der Regel können Kinder in gemeinsamen naturwissenschaftlichen Interaktionen Phänomene selbständig, kindzentriert und selbstinitiativ erkunden, auch wenn zwischen den Familien einige Varianz aufgezeigt wurde. Dies deutet darauf hin, dass einige Familien auch elternzentrierter interagieren und das Autonomieerleben des Kindes teilweise eingeschränkt ist (Mantzicopoulos et al., 2013; Siegel et al., 2007; Sobel et al., 2021). Weiterhin liegen Befunde dafür vor, dass Eltern ihren Kindern öfters positives Feedback beim Erkunden naturwissenschaftlicher Phänomene geben

(Eberbach & Crowley, 2017; Short-Meyerson et al., 2016; Sobel et al., 2021), auch wenn hier ebenfalls interfamiliäre Varianz besteht.

Emotional-motivationale Aspekte von Interaktionsqualität lagen bislang allerdings weniger im Fokus der Forschung zu naturwissenschaftlichen Interaktionen in der HLE als kognitiv-orientierte Aspekte (z.B. Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; Sobel et al., 2021; H. T. Zimmerman et al., 2010). Dies ist insbesondere deshalb hervorzuheben, weil Befunde aus dem Museumskontext darauf hinweisen, dass viele Familien kognitive Aspekte beim gemeinsamen Besuch im Museum als mindestens ebenso wichtig erachten wie emotional-motivationale Aspekte (Bell et al., 2009; Falk & Dierking, 2018; Falk & Storksdieck, 2010). Dies ist vermutlich auf Befunde aus dem häuslichen Kontext übertragbar. Eine Einschränkung ist allerdings, dass bisherige Studien vermehrt ihren Fokus auf niedrig-inferente Häufigkeitszählungen ausgewählter Aspekte emotional-motivationaler Interaktionen legen. Der Fokus auf einzelne Aspekte lässt eine breitere Perspektive auf die Ausprägung elterlicher emotional-motivationaler Unterstützung nur bedingt zu. Zudem muss die Häufigkeit dieser Aspekte nicht unbedingt linear zur tatsächlichen Tiefe dieser Unterstützung stehen. Beispielsweise kann ein Elternteil oftmals „oberflächliches“ Lob geben („Gut!“, „Super!“), dabei aber weniger motivational unterstützend sein als ein Elternteil, das vereinzelt, aber konkreteres Lob ausspricht („Cool, was du alles über Dinos weißt! Kannst du mir noch mehr erzählen?“).

Hinsichtlich kognitiv-orientierter Aspekte von Interaktionsqualität zeigen bisherige Befunde, dass Eltern eine wichtige Rolle dabei spielen, die kognitiven Lernprozesse ihrer Kinder einerseits zu aktivieren, andererseits durch geeignete Unterstützungsmaßnahmen zu begleiten (Bell et al., 2009; Haden, 2010). Sie regen ihre Kinder z.B. durch offene Fragen zum vertieften Nachdenken an (Callanan et al., 2017; Leichtman et al., 2017; Ocular et al., 2022; Shirefley et al., 2020), engagieren sich gemeinsam in Dialogen, um naturwissenschaftliche Themen tiefgehender zu erkunden (Eberbach & Crowley, 2017; Hall & Schaverien, 2001; Luce et al., 2017), und geben Unterstützungsmaßnahmen wie verbale und nonverbale Hilfestellungen (Ash, 2003; Crowley, Callanan, Jipson, et al., 2001; Gleason & Schauble, 1999; Szechter & Carey, 2009) oder (prozessbezogenes) Feedback (Chandler-Campbell et al., 2020; Leech et al., 2023). Allerdings gibt es Hinweise auf eine große Varianz zwischen den Familien. Während einige Eltern ihre Kinder durch qualitativ-hochwertige Interaktionen kognitiv aktivieren und unterstützen, zeigen andere Familien geringere Involviertheit in den kognitiven Lernprozessen ihrer Kinder (Eberbach & Crowley, 2017; Palmquist & Crowley, 2007; für die Domänen *Literacy* und *Numeracy*, vgl. Roßbach et al., 2024). Unterschiedliche Gründe dafür sind möglich. Einerseits könnten die elterlichen Orientierungen, die oftmals weniger stark ausgeprägt sind als in den anderen Domänen, eine Rolle für die geringere Involviertheit spielen (vgl. Kapitel 2.3.2). Andererseits erfordern einige konkretere Themen (z.B. Pflanzenbestäubung, Entstehung von Gewitter) ein gewisses Maß an Vorwissen der Eltern (Eberbach & Crowley, 2017; Palmquist & Crowley, 2007). Das Wissen der Eltern über diese Themen beeinflusst maßgeblich die Interaktionen mit ihren Kindern, indem das Elternteil weniger Ideen haben könnte, wie es die Lernprozesse des Kindes in der spezifischen Situation unterstützen kann, was sich auf die Tiefe der gemeinsamen naturwissenschaftlichen Gespräche auswirken könnte (Eberbach & Crowley, 2017; Franse et al., 2021; Franse et al., 2020). Die Kenntnis über ein Phänomen könnte außerdem bedingen, ob das Elternteil überhaupt auf dieses aufmerksam macht.

Insgesamt werden allerdings durch den Fokus auf stark unterschiedliche Aspekte von kognitiv-orientierter Interaktionen Aussagen darüber erschwert, wie die Interaktionsqualität ausgeprägt ist. Auch die niedrig-inferente Auszählung der Häufigkeiten der unterschiedlichen erfassten Aspekte von Interaktionsqualität lässt Aussagen über die Ausprägungen dieser Aspekte nur bedingt zu, da deren Häufigkeiten nicht unbedingt linear zum tatsächlichen Anregungsgehalt stehen müssen (z.B. kann ein Kind auch durch wenige, aber gezielte offene Fragen zum vertieften Nachdenken herausgefordert werden). Demzufolge müssen, da die hier präsentierten Ergebnisse auch hier nur eine erste vorsichtige

Zusammenfassung darstellen, weitere Forschungsvorhaben genauer erkunden, wie Interaktionsqualität konzeptualisiert werden kann und die unterschiedliche Dimensionen ausgeprägt sind.

Empirische Befunde zu Zusammenhängen zwischen Interaktionsqualität und den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder

Nur wenige Studien untersuchten die Zusammenhänge zwischen der Interaktionsqualität in der naturwissenschaftlichen HLE und den kindlichen Kompetenzen, wie dem naturwissenschaftlichen Wissen, motivationalen Orientierungen, und Lernprozessen. Zudem beobachteten diese Studien Familien mit oftmals geringerer Stichprobengröße ($N < 50$), sodass aufgrund dessen weniger generalisierende Aussagen getroffen werden können und die Kenntnis über diese Zusammenhänge limitiert ist. Unter dieser Prämisse sind im Folgenden die Befunde dargestellt werden.

Studien mit dem Ansatz qualitativer Beobachtungen und *thematic-* und *content-*spezifischer Analysen (Neuendorf, 2019) von naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen weisen auf die Bedeutung elterlicher Unterstützung für das naturwissenschaftliche Wissen der Kinder hin (Ash, 2003; Hall & Schaverien, 2001; Luce et al., 2017). *Mixed-methods*-Studien, die auch quantitative Aspekte berücksichtigen (meist über niedrig-inferente Häufigkeitszählungen unterschiedlicher Aspekte der Interaktionsqualität und deren Zusammenhänge mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder), weisen hingegen eher auf gemischte Befunde hin. Einige Studien weisen darauf hin, dass das inhaltliche Wissen der Kinder positiv mit der Tiefe naturwissenschaftlicher Dialoge zwischen Elternteil und Kind zusammenhängt (Eberbach & Crowley, 2017; Leech et al., 2020), mit der Häufigkeit offener Fragen des Elternteils (Bae et al., 2023; Booth et al., 2020), elterlicher Erklärungen (Fender & Crowley, 2007) oder dem Verknüpfen mit vorherigen Erfahrungen (Valle & Callanan, 2006). Andere Studien konnten wiederum keine Zusammenhänge dieser Aspekte von Interaktionsqualität mit dem kindlichen Wissen herstellen, wie z.B. dem Stellen offener Fragen (Camilleri et al., 2021; van Schijndel & Raijmakers, 2015) oder elterlicher Erklärungen (Bae et al., 2023).

Nur wenige Studien gibt es, die den Zusammenhang zwischen der Interaktionsqualität in der HLE mit und den motivationalen Orientierungen der Kinder in den Naturwissenschaften untersuchen (vgl. Pattison & Dierking, 2019). Während Studien mit qualitativen Analysen die Bedeutung der Eltern für die motivationalen Orientierungen der Kinder in den Naturwissenschaften betonen (Pattison & Dierking, 2019), liegen in *mixed-methods*-Studien ähnlich gemischte Befunde über diese Zusammenhänge vor. Während einige Studien positive Zusammenhänge mit der Häufigkeit elterlicher Fragen und Erklärung in gemeinsamen naturwissenschaftlichen Interaktionen aufdeckten (Alvarez & Booth, 2016; Booth et al., 2020), konnten andere Studien keine Zusammenhänge auffinden (Franse et al., 2021; Ocular et al., 2022; Portes et al., 1998).

Weiterhin wird die Interaktionsqualität als bedeutsam für die kindlichen Lernprozesse während gemeinsamer naturwissenschaftlicher Interaktionen angenommen (Haden, 2010; van Schijndel & Raijmakers, 2015). Auch hier zeigen Studien eher gemischte Befunde auf. Einige Studien deuten auf positive Zusammenhänge von Aspekten von Interaktionsqualität (wie dem Stellen offener Fragen oder elterlicher Erklärungen) mit der Partizipation des Kindes an gemeinsamen Gesprächen (K. R. Kelly et al., 2022; Sobel et al., 2021) oder der Dauer der gemeinsamen Interaktionen hin (Borun et al., 1996; To et al., 2016). Andere Studien fanden jedoch nur Zusammenhänge mit einigen Aspekten von Interaktionsqualität, während andere Aspekte nicht mit den kindlichen Lernprozessen zusammenhängen (wie elterliche Erklärungen, nicht aber ihre offenen Fragen; Callanan et al., 2017; van Schijndel & Raijmakers, 2015).

Eine mögliche Ursache für diese uneindeutigen Befunde könnten, wie oben bereits ausgeführt, eine unklare Konzeptualisierung der Interaktionsqualität sein, mit einem Fokus auf nur vereinzelte Aspekte

und uneinheitlicher Operationalisierungen gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen – aber auch der Operationalisierung der kindlichen Outcomes –, was Aussagen über Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und kindlichen Outcomes erschwert. Daneben könnten weitere Gründe eine Rolle spielen. Beispielsweise könnten hoch-qualitative Angebote unterschiedlich förderlich je nach den individuellen Voraussetzungen der Kinder sein. Eltern schaffen durch geeignete Strategien und Maßnahmen oftmals einen Rahmen (Angebot), den das Kind basierend auf seinen individuellen Voraussetzungen nutzen kann (siehe für den schulischen Kontext auch Christ et al., 2022; Vieluf et al., 2020; für den familiären Kontext, Roßbach et al., 2024). Diese Nutzung wird demnach durch die kognitiven oder motivationalen Voraussetzungen des Kindes (Roßbach et al., 2024; Slim et al., 2022) – aber auch des Elternteils (Eberbach & Crowley, 2017; Franse et al., 2020) – beeinflusst, während auch andere Faktoren wie das Alter oder Geschlecht des Kindes eine Rolle für die Nutzung des Angebots spielen könnten (Franse et al., 2020; Palmquist & Crowley, 2007; Valle & Callanan, 2006). Beispielsweise weisen einige Befunde darauf hin, dass elterliche Unterstützungsmaßnahmen nur mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen jüngerer, nicht aber älterer Kinder zusammenhängt (Camilleri et al., 2021; Valle & Callanan, 2006). Eine mögliche Erklärung wäre, dass ältere Kinder naturwissenschaftliche Phänomene selbständiger als jüngere Kinder erkunden, und daher insgesamt weniger Unterstützung durch ihre Eltern bedürfen. Somit könnten auch interindividuelle Unterschiede der Kinder die uneindeutige Befundlage erklären, und sollten in zukünftigen Forschungsvorhaben Berücksichtigung finden. Eine unklare Konzeptualisierung und Operationalisierung von Interaktionsqualität und der Kindoutcomes stellt somit einen wichtigen, jedoch wahrscheinlich nicht den einzigen Faktor für die gemischten Befunde dar.

2.4 Einfluss distaler Merkmale auf die kindliche Entwicklung

Neben der Häufigkeit und Qualität von gemeinsamen Eltern-Kind-Interaktionen spielen distale Merkmale der HLE eine weitere Rolle für die kindliche Entwicklung, wie strukturelle Merkmale der Familie und die elterlichen Orientierungen z.B. zur (domänenspezifischen) Förderung ihrer Kinder. Diese werden entsprechend bisheriger Konzeptualisierungen der HLE als indirekte Wirkungsfaktoren (über die gemeinsamen Interaktionen) für die kindliche Entwicklung aufgefasst (Grolig, 2020; Kluczniok et al., 2013; Niklas & Schneider, 2017; Wirth et al., 2023).

2.4.1 Familiäre strukturelle Merkmale

Ein oft berücksichtigtes strukturelles Merkmal der HLE ist der SES der Familie. Nach der Kapitaltheorie von Bourdieu (1986) umfasst der SES das ökonomische Kapital (z.B. finanzielle Mittel), soziale Kapital (z.B. Verbindungen zu Freunden, Bekannten oder Familie) und kulturelle Kapital der Familie (z.B. Bildungsabschlüsse der Eltern, kulturelle Güter wie Literatur oder Instrumente), wobei diese Kapitalsorten (mit Grenzen) ineinander konvertierbar sind. Durch ökonomisches Kapital können beispielsweise kulturelle Güter zur Verfügung gestellt werden, mit denen Eltern und Kinder (gemeinsam) interagieren können und die die Entwicklung des Kindes positiv begünstigen, oder den Eltern sind ggf. Halbtagsjobs möglich, die mehr Zeit für Interaktionen mit dem Kind garantieren (als Bestandteil des sozialen Kapitals; Coleman, 1998; Pace et al., 2017; Sirin, 2005). Kulturelles Kapital wie die akademische Ausbildung der Eltern wiederum kann qualitativ hochwertigere Interaktionen durch z.B. ein höheres Wissen der Eltern in einer Domäne und dadurch eine bessere Vorbereitung für lernunterstützende Maßnahmen bedeuten (Bradley & Corwyn, 2002; Pace et al., 2017; Sirin, 2005; Zady & Portes, 2001). Ein Mangel an ökonomischem, kulturellem oder sozialem Kapital kann hingegen mit weniger Möglichkeiten für häufige oder qualitativ hochwertige Interaktionen einhergehen, welche dementsprechend weniger förderlich für die Entwicklung der Kinder sein könnten (Bradley & Corwyn, 2002; Pace et al., 2017).

Viele Forschungsbefunde aus den Domänen der *Literacy*, *Numeracy* und Naturwissenschaften zeigen, dass bereits in jungen Jahren einzelne Merkmale des SES der Familie (z.B. Einkommen, Bildungsgrade der Eltern) maßgeblich mit der Entwicklung des Kindes zusammenhängt (Bonifacci et al., 2021; Bradley & Corwyn, 2002; Downer & Pianta, 2006; Y. Kelly et al., 2011; Niklas & Schneider, 2017; Pace et al., 2017; Sirin, 2005; Zhang et al., 2019). Die Schere in der Entwicklung zwischen Kindern aus Familien mit hohem und niedrigem SES setzt sich darüber hinaus auch in den folgenden Jahren fort (Blums et al., 2017; Downer & Pianta, 2006; Morgan et al., 2016; Pace et al., 2017; Saçkes et al., 2011). Dies resultiert dabei hauptsächlich aus den frühkindlichen Erfahrungen des Kindes (Lehrl, 2018; Morgan et al., 2016; Niklas & Schneider, 2017) und betont die Bedeutung der Erfahrungen, die das Kind in der frühkindlichen HLE sammelt, für die (langfristige) Entwicklung des Kindes. Forschungsbefunde aus dem Bereich der Naturwissenschaften zeigen, dass der SES der Familie maßgeblich mit der Häufigkeit naturwissenschaftsspezifischer Interaktionen in der HLE zusammenhängt (DeWitt & Archer, 2017; X. He et al., 2023; Junge et al., 2021). Im Vergleich zu Familien mit höherem SES erachten Familien mit geringerem SES die Naturwissenschaften als weniger wichtig als andere Bereiche für die frühe Bildung des Kindes, was sich auf die Häufigkeit der naturwissenschaftsspezifischen Eltern-Kind-Interaktionen auswirken kann (Saçkes et al., 2011; Wang & Degol, 2013). Darüber hinaus hängt der SES der Familie mit dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder zusammen (Junge et al., 2021; Mullis et al., 2020; OECD, 2016; Zhang et al., 2019), was (teilweise) über die Häufigkeiten der Eltern-Kind-Interaktionen mediiert wird (Junge et al., 2021; vgl. für äquivalente Befunde in den Domänen *Literacy* und *Numeracy* Bonifacci et al., 2021; Kluczniok et al., 2013; Melhuish et al., 2008; Niklas & Schneider, 2017; Pace et al., 2017; Susperreguy et al., 2020). Indem die Eltern-Kind-Interaktionen eine Schlüsselrolle für die kindliche Entwicklung einnehmen, können sie nachweislich auch die SES-bedingten Nachteile in der kindlichen Entwicklung ausgleichen (Y. Kelly et al., 2011; Kluczniok et al., 2013; Melhuish et al., 2008; Morgan et al., 2016). Die Autor*innen des EPPE-Projekts umschreiben es z.B. so, dass „[...] *what parents do is more important than who parents are.*“ (Sylva et al., 2004, p. 14).

Neben dem SES der Familie spielt auch der Migrationshintergrund eine wichtige Rolle für die naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder. Kinder aller Altersgruppen ohne Migrationshintergrund schneiden in ländervergleichenden oder nationalen Panelstudien besser in den Naturwissenschaften ab als Kinder mit Migrationshintergrund (Kähler et al., 2020; Mullis et al., 2020; OECD, 2016). Diese Unterschiede werden zum Teil durch die sprachlichen Kompetenzen der Kinder erklärt, die prädiktiv für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen sind (Kähler et al., 2020). Dabei sind insbesondere Kinder benachteiligt, die eine andere Sprache zu Hause sprechen als die der Erhebungsländer (Kähler et al., 2020; Mullis et al., 2020). Ähnliche Befunde sind auch für den frühkindlichen Bereich aus den Bereichen *Literacy* und *Numeracy* bekannt (Kluczniok et al., 2013; Niklas & Schneider, 2017). Darüber hinaus weisen empirische Befunde darauf hin, dass Familien mit Migrationshintergrund (dort operationalisiert durch die Herkunfts- bzw. zu Hause gesprochene Sprache) sich seltener zu Hause mit ihren Kindern in naturwissenschaftsspezifischen Interaktionen betätigen, was sich wiederum auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder auswirken kann (Junge et al., 2021; vgl. für äquivalente Befunde aus den Bereichen *Literacy* und *Numeracy* Kluczniok et al., 2013; Lehrl et al., 2020; Niklas & Schneider, 2017; Roßbach et al., 2024).

Während bislang Forschungsbefunde zum Zusammenhang zwischen familiären strukturellen Merkmalen wie dem SES oder Migrationshintergrund und der Quantität gemeinsamer naturwissenschaftlicher Eltern-Kind-Interaktionen aufgezeigt wurden, ist auch anzunehmen, dass sie mit der Qualität, wie dem kognitiven Anregungsgehalt oder elterlichen Unterstützungsmaßnahmen während der Interaktionen, zusammenhängen. Bisherige Befunde - hauptsächlich aus den Bereichen *Literacy* und *Numeracy* - zeigen, dass der familiäre SES positiv mit sozio-emotionalen Aspekten von Interaktionsqualität (z.B. Geduld, physische Nähe, positives Feedback), dem *Literacy*- oder *Numeracy*-bezogenem Anregungsgehalt

(z.B. gemeinsames Fokussieren auf Wörter oder Zahlen, Aufforderungen zum Lesen oder Zählen, Hervorhebung von Ordinalität und Kardinalität von Zahlen) sowie mit generischen Merkmalen von Prozessqualität (z.B. das Stellen von offenen Fragen) zusammenhängt (Kluczniok et al., 2013; Lehl et al., 2020; Leseman & van den Boom, 1999; s. Pace et al., 2017 für ein Review; Votruba-Drzal, 2003). Für den naturwissenschaftlichen Bereich hingegen liegen nur wenige Befunde zum Zusammenhang familiärer Strukturmerkmale und Aspekten von Interaktionsqualität vor. Diese zeigen z.B. Zusammenhänge zwischen elterlichem Bildungsgrad mit der Häufigkeit von naturwissenschaftlichen Erklärungen, dem Einfordern von Vermutungen oder Stellen offener Fragen (Solis & Callanan, 2021; Tenenbaum & Callanan, 2008). In einer Studie mit älteren Kindern der 7. Klasse zeigten Eltern mit geringerem Bildungsabschluss außerdem Schwierigkeiten, ihre Kinder bei naturwissenschaftlichen (hausaufgabenähnlichen) Aktivitäten zu unterstützen, wie durch das Geben verbaler sowie nonverbaler Hinweise und Stellen offener Fragen (Zady & Portes, 2001). Einzelne Befunde weisen außerdem darauf hin, dass auch die Dauer von naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen in einem Zusammenhang mit dem elterlichen Bildungsgrad steht (Szechter & Carey, 2009). Andere Studien wiederum fanden keinerlei Zusammenhang zwischen strukturellen Merkmalen der Familie und unterschiedlichen Aspekten naturwissenschaftlicher Interaktionsqualität (Franse et al., 2020; Ocular et al., 2022; Sobel et al., 2021). Diese gemischten Befunde bei der Betrachtung vereinzelter Aspekte von naturwissenschaftsspezifischer Interaktionsqualität, lassen somit keine definitiven Schlüsse über Zusammenhänge mit strukturellen Merkmalen der Familie zu.

2.4.2 Elterliche Orientierungen in den Naturwissenschaften

Einen weiteren distalen Einflussfaktor für die kindliche Entwicklung stellen elterliche Orientierungen dar, die domänenspezifische Orientierungen wie das Interesse oder Selbstkonzept in einem bestimmten Förderbereich, oder globalere Fördereinstellungen wie Bildungsaspirationen oder Orientierungen zur Zusammenarbeit zwischen Kita/Schule und Familie betreffen (Hoover-Dempsey & Sandler, 2005; Sigel & McGillicuddy-DeLisi, 1980; Tietze et al., 1999). Basierend auf der *theory of planned behavior* (Ajzen, 1991), die viele Überschneidungspunkte mit der Erwartungs-Wert-Theorie aufweist (Eccles & Wigfield, 2002, 2020), können drei Dimensionen herausgestellt werden, die die elterlichen Orientierungen konzeptualisieren, und die wiederum ihr situationsspezifisches Handeln beeinflussen. Als eine Dimension elterlicher Orientierungen gilt eine subjektive Norm, die die Wahrnehmung von gesellschaftlichen Werten, Normen und Erwartungen sowie die soziale (Un-)Erwünschtheit des Handelns beinhaltet (Ajzen, 1991). Eine zweite Dimension stellen wertbasierte Orientierungen des Elternteils dar, wie ein hohes Interesse, intrinsische Motivation oder Freude daran, sich mit einem Gegenstand auseinanderzusetzen (Ajzen, 1991; vgl. "Werte"-Dimension in Eccles & Wigfield, 2020). Eine weitere Dimension ist die elterliche *perceived behavioral control*, die kongruent zu ihrer Selbstwirksamkeitserwartung ist (Ajzen, 1991; Bandura, 1977; vgl. "Erwartungs"-Dimension in Eccles & Wigfield, 2020). Wertbasierte Orientierungen sowie die Selbstwirksamkeitserwartung in einer Domäne formieren sich dabei hauptsächlich durch vergangene (positive sowie negative) Erfahrungen mit einem Gegenstand (Ajzen, 1991; Sigel & McGillicuddy-DeLisi, 1980). Die drei Dimensionen elterlicher Orientierungen wiederum beeinflussen das Handeln der Eltern und regulieren das Ausmaß ihrer Involviertheit in (naturwissenschaftlichen) Interaktionen mit ihrem Kind.

Bisherige Studien zeigen die Bedeutung unterschiedlicher elterlicher Orientierungen für die Interaktionen mit dem Kind sowie für die kindliche Entwicklung auf. Empirische Befunde betonen beispielsweise die Wichtigkeit globaler elterlicher Orientierungen wie zur Involviertheit der Familie in die Bildung des Kindes, Fördereinstellungen oder elterliche Bildungsaspirationen für das Kind (Hill & Tyson, 2009; Hoover-Dempsey & Sandler, 2005; Kluczniok et al., 2013; Sigel & McGillicuddy-DeLisi, 1980; Tietze et al., 1999). In einer Meta-Analyse von 50 Studien, die die Bedeutung der Familie für die schulische Entwicklung von Sechst- bis Achtklässler*innen untersuchte, wurden darüber hinaus moderate

Zusammenhänge zwischen globalen, domänenunspezifischen elterlichen Orientierungen zur Wichtigkeit von Schulbildung (d.h. Bedeutung der Schulbildung für die Zukunft, Orientierungen für die Schul- und Berufslaufbahn des Kindes, Orientierungen zu Zusammenarbeit zwischen Schule und Familie) und dem Schulerfolg der Kinder gefunden ($r = 0.39$, Hill & Tyson, 2009). Die Einflüsse domänenspezifischer elterlicher Orientierungen auf die kindliche Entwicklung hingegen wurden im Rahmen von Untersuchungen zu Eltern-Kind-Interaktionen vor allem in den Bereichen der *Literacy* und *Numeracy* aufgezeigt. Im Rahmen der Evaluierung der *Home Numeracy Environment* zeigten einige Studien beispielsweise einen Zusammenhang zwischen den mathematischen Kompetenzen des Kindes und elterlichen Orientierungen gegenüber Mathematik wie Bildungserwartungen (z.B. „ich möchte, dass mein Kind bei Schuleintritt bis 10 zählen kann“, Elliott et al., 2017; Kleemans et al., 2012; Segers et al., 2015; Skwarchuk et al., 2014), mathematisches Interesse (Skwarchuk et al., 2014; Susperreguy et al., 2020), Selbstwirksamkeitserwartungen oder Mathe-Angst (Cosso et al., 2023; Šimunović & Babarović, 2020; Zippert & Rittle-Johnson, 2020). Äquivalente Zusammenhänge sind aus der Forschung der Evaluierung der *Home Literacy Environment* bekannt, in welchen positive Zusammenhänge zwischen den kindlichen *Literacy*-bezogenen Kompetenzen und elterlichen Orientierungen wie Bildungserwartungen oder Interesse bekannt sind (z.B. Liu et al., 2018; Niklas et al., 2020; Skwarchuk et al., 2014; Stephenson et al., 2008). Weiterhin wird angenommen, dass die elterlichen Orientierungen zu *Literacy* oder *Numeracy* nicht (ausschließlich) direkt mit den kindlichen Kompetenzen verbunden sind, sondern zunächst ihr Handeln in den Interaktionen der *Home Literacy* bzw. *Home Numeracy Environment* beeinflussen (vgl. auch Ajzen, 1991), welches die Effekte ihrer Orientierungen auf die kindliche Entwicklung mediiert (Kluczniok et al., 2013; Liu et al., 2018; Niklas et al., 2020; Skwarchuk et al., 2014).

Im Bereich der Naturwissenschaften sind diese komplexen Zusammenhänge bislang weniger erforscht (vgl. Junge et al., 2021). Einige Studien weisen auf (direkte) Zusammenhänge zwischen elterlichen Orientierungen und kindlicher Kompetenzentwicklung in den Naturwissenschaften hin. In einer Sekundäranalyse der Daten aus dem *Programme for International Student Assessment (PISA) 2015* zeigte Perera (2014) z.B. positive Zusammenhänge zwischen elterlichen Orientierungen in den Naturwissenschaften und den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder auf. Darüber hinaus fanden Šimunović und Babarović (2020) in einem Literatur-Review von 54 Artikeln aus dem Bereich STEM (*science, technology, engineering, mathematics*) insgesamt positive Zusammenhänge zwischen den kindlichen STEM-Kompetenzen und elterlichen Orientierungen zu STEM wie wertbasierten Orientierungen (*value*), der Selbstwirksamkeitserwartung, Bildungsaspirationen, und Einschätzungen der Kompetenzen des Kindes. Weniger ist allerdings darüber bekannt, über welche Mechanismen die elterlichen Orientierungen auf die naturwissenschaftliche Kompetenzentwicklung der Kinder wirken, z.B. inwieweit die elterlichen Orientierungen die Quantität oder Qualität von Eltern-Kind-Interaktionen in den Naturwissenschaften beeinflussen, die dann wiederum die kindliche Entwicklung beeinflussen (vgl. z.B. Perera, 2014; Šimunović & Babarović, 2020; Thomas & Strunk, 2017). Nach bisheriger Kenntnis des Forschungsstandes zeigt nur eine Studie die Schlüsselrolle der Häufigkeit von Eltern-Kind-Interaktionen als Mediator elterlicher Orientierungen auf die kindliche Kompetenzentwicklung in der naturwissenschaftsspezifischen HLE auf (Junge et al., 2021). Aufgrund der begrenzten Befundlage bleibt es unklar, inwieweit die Befunde aus den Bereichen *Literacy* und *Numeracy* auf den naturwissenschaftlichen Kontext übertragbar sind. Weniger positive Einstellungen der Eltern in den Naturwissenschaften als in den anderen Domänen (vgl. Kapitel 2.3.2) könnten andere Wirkmechanismen als in den Bereichen *Literacy* und *Numeracy* bedingen und die Übertragbarkeit der Befunde einschränken.

Daneben weisen einige Befunde auf geschlechtsstereotype Orientierungen (Naturwissenschaften als eine eher „männliche“ Domäne) der Eltern hin (Andre et al., 1999; Saçkes, 2014; Šimunović & Babarović, 2020; Wang & Degol, 2013), die durch Sozialisationsprozesse an ihre Kinder vermittelt werden können (Andre et al., 1999; Wang & Degol, 2013). Diese geschlechtsstereotypen Orientierungen

bewirken möglicherweise differenzielle Interaktionen mit Mädchen vs. Jungen. Einige Befunde zeigen beispielsweise, dass Eltern eher mit Jungen in den Naturwissenschaften interagieren, mit Mädchen dagegen tendenziell erst, wenn diese auch Interesse bekunden (Alexander et al., 2012; Saçkes, 2014; Wang & Degol, 2013). Potentiell könnten geschlechtsspezifische Unterschiede neben der Häufigkeit auch in der Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen in den Naturwissenschaften bestehen (s. Šimunović & Babarović, 2020). Einige Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass Eltern mehr Erklärungen an Jungen als an Mädchen geben (Crowley, Callanan, Tenenbaum, & Allen, 2001) sowie mehr und tiefgehendere naturwissenschaftsspezifische Gespräche mit Jungen führen als mit Mädchen (Shirefley et al., 2020; Tenenbaum & Leaper, 2003). Andere Studien fanden jedoch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen (Bae et al., 2023; Tscholl & Lindgren, 2016; van Schijndel & Raijmakers, 2015), oder sogar geschlechtsbezogene Vorteile zugunsten von Mädchen (Shirefley & Leaper, 2021; Siegel et al., 2007).

Die Befunde zu geschlechtsspezifischen Unterschieden in naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder sind hingegen gemischt. Saçkes et al. (2011) fanden nur kleine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen im naturwissenschaftlichen Wissen von Grundschulkindern der 3. Klasse, und auch die Befunde von TIMSS 2019 (Mullis et al., 2020) sowie PISA 2015 (OECD, 2016) zeigten keine bzw. nur kleine signifikante Geschlechtsunterschiede auf (im internationalen Mittel; zwischen den unterschiedlichen Teilnehmerländern liegen teilweise größere Disparitäten vor). Hinsichtlich der Entwicklung motivationaler Orientierungen junger Kinder zeigen einige Studien Vorteile für Jungen, wie ihr Interesse (Alexander et al., 2012) und Selbstkonzept (Oppermann et al., 2019; Patrick et al., 2009), was auch auf Schulkinder übertragbar ist (DeWitt et al., 2013; Krapp & Prenzel, 2011). Andere Studien berichten allerdings von fehlenden bzw. nicht signifikanten Zusammenhängen mit dem Geschlecht der Kinder (Andre et al., 1999; Leibham et al., 2013; Thomas & Strunk, 2017). Insgesamt ist die Befundlage zu geschlechtsspezifischen Unterschieden in naturwissenschaftlichen Kompetenzen somit unklar, was die Notwendigkeit weiterer Forschung aufzeigt, um potentielle Auswirkungen elterlicher geschlechtsstereotyper Orientierungen und Handlungen auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen der Kinder besser nachvollziehen zu können.

3. Forschungsfragen

Die HLE wird als ein wichtiger Einflussfaktor für die Kompetenzen der Kinder in jungen Jahren bis in die späte Schulzeit hinein (und darüber hinaus) angenommen. Insbesondere die Interaktionen zwischen Elternteil und Kind in der HLE gelten als prädiktiv für die kindliche Entwicklung. Sowohl die Häufigkeit gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen in der HLE als auch deren Qualität werden dabei als wichtige Einflussfaktoren für unterschiedliche Kompetenzen der Kinder angenommen, wie dem Wissen oder motivationalen Orientierungen, aber auch ihren Lernprozessen. Einige Befunde legen außerdem nahe, dass diese Interaktionen von distalen Faktoren wie strukturellen Merkmalen der Familie sowie elterlichen Orientierungen beeinflusst werden und deren Effekte auf die kindliche Entwicklung medieren. Während diese Zusammenhänge im Rahmen der Evaluierung der Modelle einer *Home Literacy* oder *Home Numeracy Environment* bereits relativ gut ergründet sind, liegen dazu für den naturwissenschaftlichen Kontext nur vereinzelte Befunde vor. Ergebnisse aus den anderen Domänen sind aufgrund der thematischen Verschiedenheiten vermutlich nicht einfach auf den naturwissenschaftlichen Kontext übertragbar. Das grundlegende Ziel dieser Arbeit ist daher, die Bedeutung der Familie für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder näher zu beleuchten, und Faktoren zu identifizieren, die bedeutsam für die kindliche Entwicklung sind. Dabei sollen unterschiedliche proximale und distale Faktoren der naturwissenschaftlichen HLE sowie ihre Wechselwirkungen näher ergründet und

insbesondere die Rolle der (Häufigkeit und Qualität der) gemeinsamen Eltern-Kind-Interaktionen für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder näher analysiert werden. Dies könnte tiefere Einblicke darin geben, welche Rolle die Familie in der naturwissenschaftlichen Förderung ihrer Kinder spielt, welche Faktoren der HLE besonders bedeutsam für die naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder sind und potentielle Implikationen für weitere Forschung und Praxis ableitbar machen.

Aus den Ausführungen der vorherigen Kapitel wird deutlich, dass bislang wenig darüber bekannt ist, wie sich die Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder auswirken. Befunde aus der *Home Literacy* oder *Home Numeracy Environment* legen nahe, dass die Häufigkeit unterschiedlicher Typen von Interaktionen differenziell mit den kindlichen Kompetenzen zusammenhängen könnte. Für den naturwissenschaftlichen Kontext ist allerdings unklar, wie verschiedene Arten von Interaktionen unterschieden werden können und wie diese differenziell mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder in einer Beziehung stehen. Analysen dazu könnten aufzeigen, welche Interaktionen insbesondere förderlich für die kindliche Entwicklung sind. Aus der *Home Numeracy* und *Home Literacy Environment* ist bekannt, dass distale familiäre Merkmale die Häufigkeit dieser Interaktionen beeinflussen, welche wiederum deren Effekte auf die kindlichen Kompetenzen medieren. Auch hierfür liegen für den naturwissenschaftlichen Kontext bislang nur vereinzelte Befunde vor, während unklar bleibt, inwieweit die Ergebnisse aus anderen Domänen auf den naturwissenschaftlichen Bereich übertragbar sind. Genauere Kenntnisse darüber könnten Aufschlüsse geben, welche Faktoren der Familien adressiert werden sollten, um potentielle Bildungsungleichheiten ansprechen zu können.

Neben der Häufigkeit kann auch die Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen als bedeutsam für die kindliche Entwicklung angesehen werden, z.B. wie die Eltern ihre Kinder in gemeinsamen Interaktionen kognitiv aktivieren und unterstützen. In bisherigen Forschungsvorhaben im naturwissenschaftlichen Kontext liegt allerdings keine einheitliche konzeptuelle Definition des Konstrukts Interaktionsqualität vor, da der Fokus oftmals auf einzelnen Aspekten von naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen mit stark unterschiedlichen Operationalisierungen über die Studien hinweg liegt. Auch wenn dies die unterschiedlichen Perspektiven auf Eltern-Kind-Interaktionen in den jeweiligen Studien und die Komplexität des untersuchten Konstrukts unterstreicht, beschränkt es den Vergleich bisheriger Studien. Weiterhin limitiert es die Identifikation übergeordneter Prinzipien von Interaktionsqualität, über welche die Studien übereinstimmen und lässt nur begrenzte Aussagen über die Ausprägung der unterschiedlichen Aspekte von Interaktionsqualität zu. Die unterschiedlichen Vorgehensweisen und heterogenen Perspektiven bisheriger Studien könnten außerdem eine mögliche Ursache für eine gemischte Befundlage der Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und kindlichen Kompetenzen darstellen. Eine systematische Synthese bisher untersuchter Aspekte von Interaktionsqualität könnte es wiederum erleichtern, gemeinsame Verständniselemente über dieses Konstrukt (sowie potentielle Lücken in bisheriger Forschung) zu identifizieren. Diese Systematisierung könnte es zudem erleichtern, Regelmäßigkeiten zu ermitteln, welche theoretisch abgrenzbaren Dimensionen von Interaktionsqualität mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen zusammenhängen (wie dem naturwissenschaftlichen Wissen, motivationalen Orientierungen und ihren Lernprozessen während der gemeinsamen Interaktionen). Eine systematische Konzeptualisierung und die Ausarbeitung übergeordneter Dimensionen von Interaktionsqualität könnte außerdem einen Vergleich bisheriger Studien erleichtern sowie, wenn zukünftige Forschungsvorhaben dies möglicherweise als eine Basis zur Operationalisierung der Interaktionsqualität heranziehen, zu einer besseren Generalisierbarkeit der Ergebnisse führen.

Aufbauend auf diesen Vorüberlegungen zu einer systematischeren Konzeptualisierung von Interaktionsqualität sollen dann weitere Untersuchungen (in einer eigenen Studie) neue Erkenntnisse über die Qualität naturwissenschaftlicher Eltern-Kind-Interaktionen geben. Einerseits könnten diese

Vorüberlegungen mit einem klareren konzeptuellen Verständnis von Interaktionsqualität eine breitere Perspektive auf die Eltern-Kind-Interaktionen als vorherige Studien einnehmen. Dabei könnte der Fokus nicht auf einzelne Aspekte gelegt, sondern auf Dimensionen, die über bisherige Studien hinweg als wesentlich für die kindliche Entwicklung angenommen werden. Auch Aspekte, die bislang weniger Berücksichtigung fanden, können stärker berücksichtigt werden. Andererseits könnten diese Vorüberlegungen eine breitere Perspektive auf die Interaktionsqualität bieten, indem unterschiedliche, theoretisch abgrenzbare Dimensionen nebeneinander betrachtet werden (z.B. mit einem Fokus auf emotional-motivationale vs. kognitiv-bezogener Aspekte). Dies könnte offenlegen, wie die Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen in den Naturwissenschaften ausgeprägt ist, wozu bislang nur begrenzte Aussagen möglich sind. Außerdem könnte dies bisherige Befunde ergänzen, wie unterschiedliche Dimensionen der Interaktionsqualität mit verschiedenen Kompetenzen (wie dem naturwissenschaftlichen Wissen, motivationalen Orientierungen und den Lernprozessen) zusammenhängen. Dabei könnte beleuchtet werden, ob es differenzielle Effekte zwischen den einzelnen Dimensionen und den unterschiedlichen Kompetenzen der Kinder gibt, um zu ermitteln, welche Aspekte der Interaktionsqualität gerade bedeutsam für die kindliche Entwicklung sind.

Um die hier dargestellten Forschungslücken zu adressieren, sollen in drei aufeinander aufbauenden Studien die folgenden vier Forschungsfragen beantwortet werden:

1. Wie hängt die Häufigkeit unterschiedlicher Typen von Eltern-Kind-Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder zusammen und inwieweit medieren sie die Effekte distaler Faktoren?
2. Was sind übergeordnete Dimensionen, die in bisherigen Studien als wichtige Aspekte der Qualität von naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen angenommen werden?
3. Wie ist die Qualität von Eltern-Kind-Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE ausgeprägt?
4. Wie hängt sie mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder zusammen, wie dem naturwissenschaftlichen Wissen, motivationalen Orientierungen und ihren Lernprozessen während der gemeinsamen Interaktionen?

4. Studie 1

The science-specific home learning environment of elementary school children – how are science experiences and science talk associated with the children’s science achievement?

Referenz:



Dominke, H., & Steffensky, M. (2024). The science-specific home learning environment of elementary school children – how are science experiences and science talk associated with the children’s science achievement? *Research in Science & Technological Education*, 43(3), 976-995.

<https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2375512>

Der im Folgenden abgedruckte Beitrag wurde unter der Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) veröffentlicht und darf unter Namensnennung frei genutzt, vervielfältigt und verbreitet werden. Änderungen am Originalbeitrag wurden nicht vorgenommen.



The science-specific home learning environment of elementary school children – how are science experiences and science talk associated with the children’s science achievement?

Henning Dominke  and Mirjam Steffensky 

Faculty of Education, University of Hamburg, Hamburg, Germany

ABSTRACT

Background: The home learning environment (HLE) is central to children’s development. Activities in the HLE are assumed to mediate the effects of distal factors such as family socio-economic status (SES) and parental beliefs and attitudes on children’s development. However, little is known about the science-specific HLE and the relationship between different parent-child science activities and elementary school children’s science learning.

Purpose: This study aims to investigate a) how different science activities in the HLE relate to children’s science achievement and b) how they mediate the associations of family SES and parents’ beliefs and attitudes on children’s science achievement.

Sample: Data from the German subsample of the Trends in Mathematics and Science Study (TIMSS) 2019 was analyzed, including 3,437 4th-grade children ($M_{age} = 10.39$ years, 50% boys).

Design and methods: The study has a cross-sectional design. We used structure equation modeling (SEM) to examine associations and test for indirect effects.


Results: We identified two different patterns of science activities in the HLE: science experiences (e.g. reading science books, experimenting) and science talk. SEM revealed that science talk was associated with children’s science achievement, whereas science experiences were not. Further, science talk mediated associations of family SES and parental beliefs and attitudes on the children’s science achievement.

Conclusions: Our results might indicate that discursive elements in science activities, such as parent-child science talk, are crucial for children’s science learning, whereas a mere provision of science experiences may not adequately foster the children. We suggest that future research should focus on analyzing the quality of parent-child interactions in different science activities to understand possible learning processes in these activities better. Overall, although effect sizes were small, our results emphasize the crucial role of the HLE for elementary school children’s science learning.

KEYWORDS

Home learning environment;
elementary/primary;
informal education; family

CONTACT Henning Dominke  henning.dominke@uni-hamburg.de  Faculty of Education, University of Hamburg, Von-Melle-Park 8, Hamburg D-20146, Germany

 Supplemental data for this article can be accessed online at <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2375512>

© 2024 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. The terms on which this article has been published allow the posting of the Accepted Manuscript in a repository by the author(s) or with their consent.

Introduction

Science learning is often examined within school education. However, students spend a lot of time outside school; thus, learning in the family context may also contribute to their knowledge and attitudes about science (Lin and Schunn 2016; Otani 2020; Sammons et al. 2015). This may be especially true for elementary school students, who are often more involved in science learning within the home learning environment (HLE) than older students (Toth et al. 2020). However, little is known about how elementary school children's HLE contributes to their science achievement.

The HLE is often conceptualized as a combination of distal and proximal factors influencing children's learning (Grolig 2020; Kluczniok et al. 2013; Niklas and Schneider 2017). Distal factors include 1) structural family characteristics such as the socio-economic status (SES) and 2) parents' beliefs and attitudes. These factors are assumed to influence children's learning not directly but indirectly through home learning activities involving parents and children (Bradley and Corwyn 2002; Hoover-Dempsey and Sandler 2005; Kluczniok et al. 2013). In turn, home learning activities act as the central and proximal factor that directly influences children's learning and mediates the effects of distal factors (Barger et al. 2019; Hill and Tyson 2009; Junge et al. 2021; Kluczniok et al. 2013; Melhuish et al. 2008; Otani 2020).

Previous work has mainly concentrated on the relationship between the HLE and children's learning in literacy and numeracy (e.g. Anders et al. 2012; Kluczniok et al. 2013; Segers, Kleemans, and Verhoeven 2015; Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre 2014), with limited focus on science. First studies in the domain of science suggest links between children's science achievement and family SES (Blums et al. 2017; Zhang et al. 2019) or parents' science beliefs and attitudes (Perera 2014). However, as the focus primarily lies on single aspects of the HLE, we lack a comprehensive understanding of the science-specific HLE and its contributions to children's science learning.

Furthermore, the specific types of home learning activities and their effect on children's learning remain less understood in science. Parents might foster their children in various science activities inside and outside the home, such as using science media like magazines, TV shows or internet resources together (Hightower et al. 2022; Lin and Schunn 2016), conducting small experiments, exploring nature and observing animals and plants, or visiting museums or zoos and talking about the exhibits (Crowley et al. 2001; Lin and Schunn 2016). However, if and how these home learning activities contribute to children's science learning and if there are differential effects as known from literacy and numeracy (LeFevre et al. 2009; Manolitsis, Georgiou, and Tziraki 2013; Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre 2014), remains poorly understood. Further, it is uncertain whether insights from other domains can be translated to science, as there may be notable differences between the domains. For example, parents might find it easier to identify beneficial and age-appropriate learning activities in mathematics and language, such as reading, spelling, writing, or counting and calculating, than in science, where activities are often less general and more topic-specific. Moreover, parents may often lack the ideas or confidence to participate in science activities with their children (Silander et al. 2018; Sonnenschein, Gursoy, and Stites 2022), or consider science to be less important than other subjects (Andre et al. 1999; Saçkes et al. 2011; Sonnenschein, Gursoy, and Stites 2022), possibly

suggesting different relationships between science activities and children's science learning as compared to other domains.

Thus, using data from the German subsample of the Trends in Mathematics and Science Study (TIMSS; Kasper et al. 2023) in 2019, this study aims to analyze the science-specific HLE of elementary school children. It focuses on the relationships between different science activities in the HLE and elementary school children's science achievement. Further, building upon prior conceptualizations of the HLE, we seek to test the mediating role of the science activities between family's structural characteristics and parents' science-specific beliefs and attitudes on the children's science achievement.

Background

Theoretical framework of the home learning environment

We frame the HLE within the bioecological theory of Bronfenbrenner and Morris (2006). This theory posits that children's development is shaped by various interconnected systems, such as the family and school, which exert proximal influences on the child's development and, in turn, are influenced by more distal factors. Drawing on the capital theory of Bourdieu (1986), family structural characteristics like the family's financial, cultural, or social resources – often operationalized through family SES or parental education – serve as a distal influence on children's learning in the HLE (Bradley and Corwyn 2002; Sirin 2005). While a lack of these resources might impact children's development (Bourdieu 1986; Bradley and Corwyn 2002; Niklas and Schneider 2017), their influence is less significant than the proximal features of the HLE, such as joint parent-child activities (Melhuish et al. 2008; Niklas and Schneider 2017). Instead, the lack of financial resources, lower education, and limited access to cultural possessions may diminish the frequency and quality of home learning activities, which in turn affects the children's development (Bradley and Corwyn 2002; Zady and Portes 2001; Zhang et al. 2019).

In conceptualizations of the HLE, parental beliefs and attitudes are considered as another distal factor that influences children's development (Kluczniok et al. 2013; Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre 2014). The theory of planned behavior provides insights into how parents' beliefs and attitudes influence children's learning (Ajzen 1991): Parents' intentions to perform an action are predicted by their beliefs and attitudes towards a subject, subjective normative beliefs (i.e. the social desirability to perform the action), and their control beliefs, which are closely linked to their perceived self-efficacy to succeed in that action (Bandura 1977). Accordingly, parental beliefs and attitudes, such as their expectations for their child's education or their interest in a specific domain, directly influence parents' behavior in activities with their children (Ajzen 1991), which, in turn, mediate the effects of parental beliefs and attitudes on children's development (Hoover-Dempsey and Sandler 2005; Junge et al. 2021; Kluczniok et al. 2013; Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre 2014).

Therefore, home learning activities represent a key and proximal factor for children's learning within the HLE. In line with socio-cultural perspectives, children learn during these activities by interacting with knowledgeable others, such as their parents (Vygotsky 1987). Parents may scaffold their children's learning and provide support tailored to the

child's individual level to enhance their knowledge (Wood, Bruner, and Ross 1976), for example, by engaging in discursive elements with their children through open-ended questions, hints and assistance, or explanations, which are especially promotive for their learning (cf. Crowley et al. 2001; Leech et al. 2020; Tenenbaum and Leaper 2003).

Empirical research on the home learning environment

Structural characteristics

There is broad literature focusing on family SES and its association with children's achievement in different domains like numeracy, literacy, and science, showing that SES achievement gaps already exist early in age (Kelly et al. 2011; Sirin 2005; Zhang et al. 2019) and persist into elementary school and beyond (Blums et al. 2017; Morgan et al. 2016; Saçkes et al. 2011). Evidence from the science domain suggests that the SES of families of elementary and preschool children is related to the frequency of science activities in the HLE (He et al. 2023; Junge et al. 2021). Thereby, families with higher SES tend to attach greater importance to science than other subjects (Saçkes 2014). Moreover, preschool and elementary school children from families with higher SES achieve substantially higher in science and mathematics than children from families with lower SES (Mullis et al. 2020; Zhang et al. 2019), which is partially mediated by the science activities (Junge et al. 2021). Further, children's home language was found to be associated with children's science achievement (Mullis et al. 2020). Children speaking a second language engage less frequently in science activities with their parents, which in turn affects their science knowledge (Junge et al. 2021; see also Kluczniok et al. 2013).

Parental beliefs and attitudes

In the literature, various parental beliefs and attitudes were shown to be associated with children's development. A meta-analysis indicated that parental expectations, beliefs and attitudes towards the importance of education are positively associated with children's achievement in various domains (Hill and Tyson 2009). For the science domain, Perera (2014) showed that positive parental attitudes are associated with secondary school children's science achievement, using data from 15 countries participating in PISA 2006. Likewise, parents' interest in science is associated with preschool children's science achievement and, further, is mediated by the frequency of science activities at home (Junge et al. 2021). However, there is evidence that parents participate less in their children's science learning in comparison to other domains like mathematics or literacy, although the children enjoyed science activities the most (Saçkes 2014; Sonnenschein, Gursoy, and Stites 2022). Parents receive science as less important, lack confidence or interest in science maybe because of unpleasant experiences in their own science education, and, in turn, initiate less science activities with their elementary school children (Andre et al. 1999; Kaya and Lundeen 2010; Saçkes 2014; Sonnenschein, Gursoy, and Stites 2022). Moreover, results indicate gender-specific differences. Parents tend to offer boys more science activities and explanations than girls (Alexander, Johnson, and Kelley 2012; Andre et al. 1999; Crowley et al. 2001) and prefer science activities over activities in other domains rather for boys than girls (Saçkes 2014). These tendencies were also shown for older children in 4th to 6th grade, with parents believing that science is more interesting for boys than for girls and fathers using more cognitive demanding speech for their sons

than their daughters (Andre et al. 1999; Tenenbaum and Leaper 2003). There are, however, mixed findings for gender differences in elementary and secondary school children's science achievement (Mullis et al. 2020; OECD 2016) and science aspirations, interest or self-efficacy (Andre et al. 1999; DeWitt, Archer, and Osborne 2014; Silver and Rushton 2008; Tenenbaum and Leaper 2003) showing no clear picture for gender differences within the science domain.

Home learning activities

Home learning activities are considered the proximal factor for children's development. For elementary school children, activities like taking the children to libraries or sports or making learning materials accessible positively contribute to the children's learning next to school influences (Barger et al. 2019; Hill and Tyson 2009; Sammons et al. 2015). However, two meta-analyses showed that solely parental assistance in their children's homework is negatively associated with the children's achievement (Barger et al. 2019; Hill and Tyson 2009). One explanation may be that parents compensate for their children's learning deficits with additional homework assistance.

Domain-specific activities are directly associated with children's respective domain-specific achievement (Anders et al. 2012; Dearing et al. 2012; Junge et al. 2021; Manolitsis, Georgiou, and Tziraki 2013; Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre 2014). Further evidence suggests that different home learning activities within one domain may have differential effects on the children's domain-specific achievement. In the literacy and numeracy domains, for instance, formal activities (e.g. teaching the children the alphabet/numbers) are distinguished from informal activities (e.g. shared book reading/playing board games), that each contributes differentially to the preschool children's learning within these domains (LeFevre et al. 2009; Manolitsis, Georgiou, and Tziraki 2013; Skwarchuk, Sowinski, and LeFevre 2014).

However, it is less clear whether the concept of formal/informal activities can be applied to the science domain, and whether different types of activities have different effects on children's learning.

Science activities

In science, recent research distinguishes between activities in various informal science learning environments, like everyday (e.g. gardening, jointly watching science TV shows), outside-home (e.g. visiting zoo/museum), and school-led activities (e.g. school trips) (DeWitt and Archer 2017; He et al. 2023; Lin and Schunn 2016). For preschool, elementary and middle-school school children, there is first evidence that everyday and outside-home activities contribute to children's science learning (Eberbach and Crowley 2017; Junge et al. 2021; Kaderavek et al. 2020; Suter 2014). In everyday activities, for instance, parents use many extra-textual utterances and science talk when they read science books with their 4–7-years old children, e.g. they give explanations beyond the phenomena within that book and refer to the children's daily life, which positively impacts children's recognition of simple science concepts (Leech et al. 2020; Miller-Goldwater et al. 2023; Shirefley and Leaper 2021; Shirefley et al. 2020). Furthermore, Vandermaas-Peeler, Mischka, and Sands (2019) and Vandermaas-Peeler et al. (2018) showed that parents and children engage in simple

science activities like cooking and baking, playing games or going out into nature. Thereby, they interact by making observations, asking questions, making predictions, or comparing and classifying. In addition, parents were shown to support their pre-school and elementary school children, scaffold their learning, and provide explanations (Siegel et al. 2007; Tenenbaum and Leaper 2003; Tenenbaum et al. 2005) that presumably are beneficial for the children's science learning also with regard to further learning at school (Kaderavek et al. 2020; Tenenbaum et al. 2005). Parents use similar support in outside-home activities (Crowley et al. 2001; Siegel et al. 2007), which is beneficial for children's science learning (Eberbach and Crowley 2017; Suter 2014). However, unlike in literacy and numeracy, the differential contributions of various activities to children's science learning are less systematically investigated.

The present study

The main goal of this study was to investigate the relationship between science-specific HLE and elementary school children's science achievement. Further, we aimed to explore a) whether there are different types of science activities similar to the (in)formal activities in literacy and numeracy and b) if these are differentially associated with the children's science achievement. Therefore, we first conducted an exploratory factor analysis (EFA) of everyday science activities. For each of these possible types of activities revealed by factor analysis, we seek to answer the following research questions: How are the activities related to the children's science achievement? How are structural characteristics and parental beliefs and attitudes related to the activities? Do the activities mediate the effects of the distal factors on the children's science achievement?

Method

Sample

Data was derived from the German subsample of the Trends in Mathematics and Science Study (TIMSS) in 2019 (Kasper et al. 2023). TIMSS is an international study in which quadrennially the achievement of 4th- and 8th-grade students in mathematics and science is assessed. Further data is obtained from student, parent, teacher, and school questionnaires (Mullis et al. 2020). However, in Germany, only the 4th-grade elementary school students are assessed within TIMSS. In TIMSS 2019, $N = 3437$ 4th-graders aged 10.39 years ($SD = 0.51$) took part in the study, of whom 50.50% were boys. Measured by language spoken at home (i.e. children who not solely spoke German at home), 38.67% of the children had a migration background. The children came from 203 different schools and 211 different classes, respectively.

Measures

Science achievement

Children's science achievement was derived from an assessment across the three science content domains: Earth Science, Life Science, and Physical Science (Mullis et al. 2020). Students were exposed to only a part of the question pool used in TIMSS 2019. According

to planned missing data design and based on Item Response Theory, for each student and for each content domain, five plausible values were obtained using latent regression and multiple imputation techniques (Foy et al. 2017). Each of these plausible values thereby represents a score for the complete science assessment.

Science activities

In a questionnaire, parents reported on the frequency of joint everyday science activities. On a four-point Likert scale (1: never or almost never, 2: once or twice a month, 3: once or twice a week, 4: every or almost every day) parents rated five statements (originally in German language) about (a) shared reading about science, (b) talking about everyday phenomena, (c) talking about science school topics, (d) experimenting and (e) jointly watching science TV shows (Beese et al. 2022). The detailed items are given in Appendix 1. For reliability indices, we calculated Revelle's ω , which is used when the criteria of unidimensionality as well as equivalence of a scale are not met (as will be shown later). As recommended by Cho (2016), we will provide both ω total (ω_T , i.e. the proportion of variance explained by the general and the minor factors relative to the total variance) and ω hierarchical (ω_H , i.e. the proportion of variance only explained by a general factor underlying the whole scale and where the minor factor variances are partialized out) with $\omega_T = .83$ and $\omega_H = .64$ showing high reliability.

Structural characteristics

Information about family characteristics was collected in the parents' questionnaire. We used the Highest International Socio-Economic Index of Occupational Status (HISEI) as an indicator of family SES (Ganzeboom, de Graaf, and Treiman 1992).

Parents' science-specific beliefs and attitudes

Parents were surveyed about their science-specific beliefs and attitudes, i.e. about their view on the importance of science for society as well as the personal relevance of science (Beese et al. 2022). In a questionnaire, they rated five statements on a four-point Likert scale (1: totally disagree, 2: rather disagree, 3: rather agree, 4: totally agree). The items are given in Appendix 2. Reliability of the scale was high with $\omega_T = .81$ and $\omega_H = .62$.

Covariates

We controlled for the effects of children's age, gender, cognitive abilities, and home language. Children's cognitive abilities were assessed by the subscale *series* of the standardized Culture Fair Test (CFT) 20-R (Weiß 2006). Further, as an indicator of German language abilities, the language spoken at home was surveyed in the student's questionnaire, i.e. whether the children always speak German at home (coded as 4), almost always speak German (coded as 3), whether they only sometimes speak German (coded as 2) or never (coded as 1).

Preliminary analysis

In a preliminary data analysis, EFA revealed two factors with Eigenvalues > 1 underlying the science activities scale (see Table 1 for more details). Note that in this preliminary analysis, communality h of item (b) was high and uniqueness u was low, showing a large amount of variance explained in (b) by both factors. Further, item (c) loaded considerably on both factor 1 and factor 2. Therefore, to consolidate our findings from EFA, we further ran a confirmatory

Table 1. Results of EFA for the science activities scale.

Variable	Loadings λ		h	u
	Factor 1 (λ_1)	Factor 2 (λ_2)		
(a) Shared Reading about Science	0.54	0.26	0.37	0.6336
(b) Talking about Everyday Phenomena	0.30	0.95	1.00	0.0047
(c) Talking about Science School Topics	0.45	0.56	0.51	0.4859
(d) Experimenting	0.63	0.25	0.46	0.5359
(e) Jointly Watching Science TV Shows	0.58	0.19	0.38	0.6238

h = communality; u = uniqueness. Considerable factor loadings are in bold type.

factor analysis (CFA): We compared three models, a comparative baseline model with all five items loading on one latent factor and two further models with the respective item patterns revealed by EFA loading on two separate factors (see Table 2). Factor loading estimations on the first variables were each constrained to the value 1 by default. Since in Model 2 only two items (b) and (c) loaded on one factor, this model was estimated with both factor loadings τ -equalized to avoid underidentification and parameter estimation bias through Heywood-cases (Chen et al. 2001; Little, Lindenberger, and Nesselrode 1999). Considering the almost identical loadings of both items (b) and (c) in the baseline model, τ -equalizing the loadings was highly reasonable. See Table 2 for further details.

Our results indicate improper τ -equivalence of factor loadings and poor fit statistics in the baseline model (RMSEA = .109, SRMR = .051). As Model 1 and Model 2 were saturated, no RMSEA or SRMR for assessing data fit was calculated. However, comparative fit indices (AIC and BIC) were substantially smaller for model 1 and 2, whereby lower indices represent more preferable models. Model 1 and model 2 clearly outperform the baseline model regarding τ -equivalence and comparative fit, which led us to consequently reject the baseline model. Thus, in further calculations, we used two separate measurement models for the science activities. We will refer to items (a) shared reading about science, (d) experimenting and (e) watching science TV shows as *science experiences* and to items (b) talking about everyday phenomena and (c) talking about science school topics as *science talk*. Both factors were moderately correlated ($r = .56, p < 0.001$).

Data analysis

Analytical process

To test our hypotheses for both *science experiences* and *science talk*, structure equation modelling (SEM) was conducted separately using the R-package *lavaan*

Table 2. Results of CFA for the science activities scale. Standardized loadings within each model are shown.

Variable	Baseline Model	Model 1	Model 2
	λ_B	λ_1	λ_2
(a) Shared Reading about Science	0.551	0.622	
(b) Talking about Everyday Phenomena	0.793		0.775
(c) Talking about Science School Topics	0.788		0.859
(d) Experimenting	0.588	0.662	
(e) Jointly Watching Science TV Shows	0.512	0.614	
AIC	37672.34	24301.07	14380.50
BIC	37733.76	24337.93	14398.93

(Rosseel et al. 2022). To answer our research questions, science achievement scores were regressed on *science experiences* and *science talk*, respectively, parents' science-specific beliefs and attitudes (all as latent variables), and HISEI, whilst children's age, home language and cognitive abilities served as control variables (all as manifest variables). We did not control for gender differences in SEM because we identified no associations between gender and any dependent variables (see next section). All prerequisites for regressions were met (linearity of relationships, normality and independence of residuals, homoscedasticity). To test mediation, *science experiences* or *science talk* were regressed on parental beliefs and attitudes and HISEI, resulting in the SEM depicted in Figure 1. To investigate inferential statistics about the indirect effects, we used a Monte Carlo approach as described by Preacher and Selig (2012). Bootstrapping or the commonly used delta method could yield biased estimates when the amount of missing data is large and is therefore not recommended, especially when imputing data (Biesanz, Falk, and Savalei 2010). Inferential statistics of indirect effects were computed using a script adapted for nested imputation from the *MonteCarloCI* function of the *semTools* package in R (Jorgensen et al. 2021).

Missing data

For handling of missings, we multiply imputed data under a missing at random (MAR) assumption (Rubin 2003). As the original TIMSS 2019 dataset contained five sets of plausible values on which further imputations relied on, we calculated 50 multiple imputations for each set. Hence, we yielded five nests with 50 complete datasets each, on which SEMs were conducted. The parameter estimates and fit indices of SEMs were then pooled according to the rules for nested multiply imputed datasets proposed by Rubin (2003). Nested multiple imputation and pooling of data was performed in R using the package *miceadds* (Robitzsch, Grund, and Henke 2021).

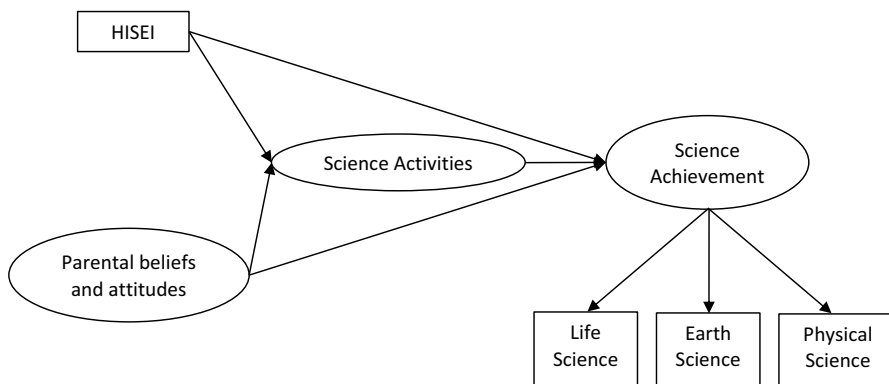


Figure 1. Proposed model to identify direct and indirect effects between the manifest and latent variables. For each pattern of science activities identified by factor analysis, separate SEMs were calculated. Covariates are omitted in this figure.

Results

Preliminary descriptive results

Subsequently, descriptive statistics and correlation coefficients between variables are presented in Table 3 in detail. Results were pooled over 250 datasets within five nests. Manifest bivariate correlations indicated that *science talk* was significantly associated with all other variables except gender. In contrast, *science experiences* were only associated with parents' science-specific beliefs and attitudes. Further, we identified medium significant correlations between science achievement and background variables like HISEI, language, CFT, and age. Thereby, children's age was negatively associated with most of the other variables such as achievement and cognitive abilities. This may be due to older children starting school later because of disadvantages. It is noteworthy that we did not find any significant associations between children's gender and science achievement, *science experiences* or *science talk*.

Associations between distal factors, science activities and children's science achievement

Results from SEMs indicate that *science talk* was significantly associated with children's science achievement, whereas *science experiences* were not. However, the effect sizes were small. We found moderate relations between family SES (HISEI), language spoken at home, cognitive abilities and children's science achievement in both models, whereas children's age was negatively related to their science achievement. We moreover identified small associations between parental beliefs and attitudes and children's science achievement ($\beta \approx .07$). However, the associations between parents' science-specific beliefs and attitudes and both *science experiences* and *science talk* were substantially larger in both models ($\beta \approx .19$). Further, SES was significantly and directly related to *science talk*, but not *science experiences*, although this relationship was relatively small. Overall, fit indices for both models were good with RMSEA $< .05$, SRMR $< .05$, CFI $> .95$, and TLI $> .95$ (Hu and Bentler 1999). Results are shown in Table 4, with pooled estimates from 250 nested imputed datasets.

Indirect effects of distal factors on children's science achievement via science activities

We estimated indirect effects of distal factors on children's science achievement via science activities only for *science talk* since we did not find any association between *science experiences* and science achievement. We found small, albeit significant indirect effects from HISEI on science achievement via *science talk* with $\beta = .005$ (corresponding CIs of $CI_{\text{lower}} < .001$ and $CI_{\text{upper}} = .011$). Likewise, parents' science-specific beliefs and attitudes were indirectly associated with children's science achievement via *science talk* ($\beta = .010$, $CI_{\text{lower}} = .001$ and $CI_{\text{upper}} = .021$). The results were the pooled statistics from 250 imputed datasets.



Table 3. Descriptive statistics and bivariate correlations *r* between variables.

Variable	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>N_{complete}</i>	Manifest Bivariate Correlations <i>r</i>													
						1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1 ScAchievement	517.48	76.93	220.04	736.57	3437	1													
2 ScExperiences	2.24	0.65	1	4	2160	-.03	1												
3 Science Talk	2.88	0.73	1	4	2165	.12***	.56***	1											
4 ScBeliefsAttit	3.15	0.53	1	4	2129	.11***	.15***	.17***	1										
5 HISEI	52.21	20.07	14.21	88.96	2054	.38***	-.03	.10***	.09***	1									
6 Language	3.37	0.87	1	4	2940	.30***	-.04	.06**	.01	.17***	1								
7 CFT	100.58	3.19	87.38	108.39	3406	.44***	-.03	.05*	.07**	.21***	.12***	1							
8 Age (years)	10.39	0.51	8.83	13.33	3432	-.24***	.01	-.06**	-.05*	-.19***	-.12***	-.14***	1						
9 Gender (in %)	50.50				3433	.03	-.02	.01	.03	.01	.02	-.09***	.07***	1					

****p* < .001; ***p* < .01; **p* < .05. *N_{complete}* = Number of complete cases. ScAchievement = Science Achievement, ScExperiences = Science Experiences, ScBeliefsAttit = Parents' Science-Specific Beliefs and Attitudes, HISEI = Highest International Socio-Economic Index of Occupational Status, CFT = Culture Fair Intelligence Test. Gender: 1 = boys.

Table 4. Results of structure equation modeling for both proposed models.

Regressions	Model 1			Model 2		
	β	<i>b</i>	(SE)	β	<i>b</i>	(SE)
Science Achievement ~						
HISEI	.253***	.012	(.001)	.251***	.012	(.001)
ScBeliefsAttit	.070**	.128	(.041)	.057**	.106	(.042)
Science Experiences	-.014	-.025	(.047)			
Science Talk				.053*	.078	(.034)
Age	-.120***	-.223	(.036)	-.118***	-.220	(.035)
Language	.209***	.228	(.019)	.207***	.226	(.019)
CFT	.352***	.105	(.005)	.352***	.105	(.005)
Science Experiences ~						
HISEI	-.050	-.001	(.001)			
ScBeliefsAttit	.193***	.197	(.032)			
Science talk ~						
HISEI				.084***	.003	(.001)
ScBeliefsAttit				.189***	.237	(.036)
R ²			.355			.357
RMSEA			.029			.031
SRMR			.042			.043
TLI			.984			.976
CFI			.987			.989

*** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$. R² represents the amount of explained variance in science achievement. For the measurement model of the latent variable *science talk*, loadings of both variables were τ -equalized. HISEI = Highest International Socio-Economic Index of Occupational Status, ScBeliefsAttit = Parents' Science-Specific Beliefs and Attitudes, CFT = Culture Fair Intelligence Test.

Discussion

This study examined the association between everyday science activities in the HLE and elementary school children's science achievement. Further, it explored relations between family SES, parental beliefs and attitudes, and science activities. Using data from TIMSS 2019, we identified two different types of science activities: *science experiences* (e.g. shared reading about science, joint watching science TV shows) and *science talk* (talking about everyday phenomena, talking about science school topics). Analysis via SEM revealed significant relationships between *science talk* and children's science achievement. For *science experiences*, this relationship was not significant. These results were partly in line with previous research on the relationships between the frequency of learning activities and preschool and elementary school children's achievement in the domains of literacy and numeracy (e.g. Anders et al. 2012; Dearing et al. 2012; Kluczniok et al. 2013; Manolitsis, Georgiou, and Tziraki 2013) and science (Junge et al. 2021)

Our results suggest that the discursive elements during science activities with a knowledgeable other, such as the frequency of parent-child *science talk*, are crucial for children's science learning. This is in line with socio-cultural theories (Vygotsky 1987) and previous research from both school (Leach and Scott 2002; Soysal and Yilmaz-Tuzun 2021) and family contexts (Eberbach and Crowley 2017; Leech et al. 2020; Miller-Goldwater et al. 2023) that emphasize the importance of high-quality teacher/parent-child discourse during science activities as a foundational principle for fostering children's science learning. High-quality teacher/parent-child discourse encompasses, for example, asking open-ended questions, providing explanations, or connecting to prior experiences (Haden 2010; Miller-Goldwater et al. 2023).

In addition, studies from both school (Engle and Conant 2002) and family contexts (Gutwill and Allen 2010; Kaderavek et al. 2020; Miller-Goldwater et al. 2023) indicate that high-quality *science experiences* have the potential to facilitate teacher/parent-child discourse. However, simply exposing children to *science experiences* without engaging in discussions may not effectively promote their science learning. Therefore, *science experiences* need to be complemented by high-quality *science talk* to effectively foster children's science learning (cf. Leach and Scott 2002).

This might explain the missing relationships between *science experiences* and children's science achievement. Parents might merely provide *science experiences* without engaging in high-quality discourse, which is crucial in order to foster children's learning during science activities (Eberbach and Crowley 2017; Leech et al. 2020; Miller-Goldwater et al. 2023). However, more research is needed on parent-child discourse during different science activities to better understand the quality of *science experiences* for the children's learning. Moreover, the quality of media and materials parents and children interact with during *science experiences* may be inappropriate to promote science learning. For instance, Miller-Goldwater et al. (2023) showed that many science books for preschool children are of low quality with respect to learning. Similar findings have been shown for learning apps in science and other domains (Meyer et al. 2021). This could also be true for other media and materials, like science TV shows or experimental kits families might use during *science experiences*. However, further research is needed to investigate the quality of science learning media and materials like books, apps, and experimental kits and their contributions to children's science achievement. In addition, the topics of *science experiences* in the HLE may differ from curricular school topics that are assessed in TIMSS 2019. For instance, Hoover-Dempsey and Sandler (2005) pointed out that some home learning activities may not be directly associated with the children's achievement in school because the topics may not overlap. However, they may be associated with children's interest or self-efficacy in science, which in turn relates to science achievement (see also Otani 2020). This could especially be true for *science experiences*, whereas *science talk* is, at least partly, more apposite to school topics.

Overall, this study contributes to the existing literature by indicating that the frequency of parent-child *science talk* relates to the children's science achievement and that, in addition to school influences, the science-specific HLE contributes to elementary children's science achievement. Although effect sizes between science activities and science achievement were smaller than in studies with preschool children (Junge et al. 2021), a direct comparison is difficult due to different measures. However, this might indicate that the HLE is more critical for younger than older children, for whom learning opportunities at school are particularly important (Sammons et al. 2015).

We found positive associations between family SES (measured by the HISEI) and *science talk*, indicating that parents with higher SES and potentially higher science knowledge might be more able to support and engage more often in high-quality discourses with their children (Bradley and Corwyn 2002; Zhang et al. 2019). This result is consistent with previous findings in the domain of science, which indicate positive linkages between family SES and the HLE for preschool and elementary school children (Blums et al. 2017; DeWitt and Archer 2017; He et al. 2023; Junge et al. 2021; Morgan et al. 2016; Saçkes et al. 2011). However, *science experiences* were not associated with family SES. This is surprising, as materials for *science experiences*, such as science books or experimental kits, might be

more affordable for high-SES parents. One possible explanation might be that family resources do not play a significant role in certain *science experiences*, such as watching science TV shows, as operationalized in this study.

We found positive relationships between science-specific parental beliefs and attitudes and *science talk* and *science experiences*, respectively. Parents with more positive beliefs and attitudes engage more often in *science talk* and *science experiences* with their elementary school children. We add to previous research showing that parents when they value science more, have a higher interest in science, or higher self-efficacy, more often conduct science activities with their children (Alexander, Johnson, and Kelley 2012; Junge et al. 2021; Perera 2014; Sonnenschein, Gursoy, and Stites 2022), which is also in line with research in other domains (e.g. Hoover-Dempsey and Sandler 2005; Kluczniok et al. 2013; Segers, Kleemans, and Verhoeven 2015).

Further, we found that *science talk* mediated the effect of distal factors on children's science achievement: Higher-SES parents engage more often, and potentially in higher-quality *science talk* with their children (Zady and Portes 2001), which in turn is positively associated with the children's science achievement. Likewise, if parents have more positive science-specific beliefs and attitudes, the more *science talk* they engage in, which again relates to the children's science achievement. These findings are consistent with previous research in the domains of literacy and numeracy (e.g. Dearing et al. 2012; Kluczniok et al. 2013).

In contrast to other findings (Crowley et al. 2001; Franse, van Schijndel, and Raijmakers 2020; Tenenbaum and Leaper 2003), we found no gender-specific differences in science activities in the HLE. However, our study used a survey design instead of observational data, so the results are not directly comparable.

Limitations

A number of limitations should be considered. First, we only considered a few activities that were assumed to be associated with children's science achievement. Further science activities might also influence the children's learning, like gardening, jointly using science apps, visiting zoos or museums (DeWitt and Archer 2017; He et al. 2023; Lin and Schunn 2016), and should be considered in future research. Moreover, this study could not analyze *how* the parents interacted with their children during these activities. Future studies must also account for the quality of parent-child interactions next to their mere frequency. This involves focusing on various aspects of interaction quality such as parents' verbal and nonverbal behaviors of questioning, explaining, connecting, and socio-emotional support. As this study separately accounted for *science talk* and *science experiences*, this could also help to better understand the important role of parent-child discourses in the everyday *science experiences* they encounter. Another limitation is that while TIMSS affords a large and representative set of student achievement data, it is restricted by the cross-sectional design. Therefore, our study shows associations but no causal mechanisms. The reported relationships could also work in the opposite direction, such as higher achieving children demanding more *science talk*, which results in more science discourses, which in turn may also influence parents' science-specific beliefs and attitudes. Additionally, it is unclear to what extent the topics of the reported science activities match the topics of the curriculum-based TIMSS assessments. Some of the

science activities at home, such as watching TV shows or reading books, may address other science phenomena than those implemented at school and may, therefore, be less overlapping with the school assessments. Furthermore, our study is based on self-reports from the parents. This limits the data quality through respondents' understanding (e.g. of a science book or experiment) and social desirability. A further limitation is the high amount of missing data in the TIMSS dataset. However, we considered missings using nested multiple imputations under a MAR assumption. To consolidate our findings and to account for possible other missing mechanisms, we conducted our analyses also with raw data showing that multiple imputation yielded very robust results. Lastly, a limitation might be that we did not control for school influences on the children's science achievement. However, our main focus was on the influences of HLE on children's development.

Conclusion and implications

Our findings show differential associations between science activities in the HLE and children's science achievement. In contrast to *science experiences*, only *science talk* was related to science achievement and also mediated distal factors like family SES and parental beliefs and attributes on children's science achievement. Thus, our work contributes to previous findings from other domains and age groups (He et al. 2023; Hightower et al. 2022; Junge et al. 2021; Kluczniok et al. 2013). It indicates that besides formal schooling, the HLE also plays a role in domain-specific (e.g. science) learning. Further work is needed to develop a broader understanding of science HLE, such as the effect of different activities and the importance of the quality of parent-child interactions during these activities for children's science learning. On a higher level, our results suggest that interventions for parents that address beliefs and attitudes, such as the relevance of science, might be a way to promote more science activities at home (Saçkes 2014; Sonnenschein, Gursoy, and Stites 2022).

Acknowledgments

The data were made available by the Research Data Centre at the Institute for Educational Quality Improvement (FDZ at IQB).

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

ORCID

Henning Dominke  <http://orcid.org/0009-0000-5077-6171>
Mirjam Steffensky  <http://orcid.org/0000-0002-7157-6088>

Ethics statement

All aspects of ethics were met within the settings of TIMSS.

References

- Ajzen, I. 1991. "The Theory of Planned Behavior." *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50 (2): 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T).
- Alexander, J. M., K. E. Johnson, and K. Kelley. 2012. "Longitudinal Analysis of the Relations Between Opportunities to Learn About Science and the Development of Interests Related to Science." *Science Education* 96 (5): 763–786. <https://doi.org/10.1002/sce.21018>.
- Anders, Y., H.-G. Rossbach, S. Weinert, S. Ebert, S. Kuger, S. Lehl, and J. von Maurice. 2012. "Home and Preschool Learning Environments and Their Relations to the Development of Early Numeracy Skills." *Early Childhood Research Quarterly* 27 (2): 231–244. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2011.08.003>.
- Andre, T., M. Whigham, A. Hendrickson, and S. Chambers. 1999. "Competency Beliefs, Positive Affect, and Gender Stereotypes of Elementary Students and Their Parents About Science versus Other School Subjects." *Journal of Research in Science Teaching* 36 (6): 719–747. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199908\)36:6<719:AID-TEA8>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199908)36:6<719:AID-TEA8>3.0.CO;2-R).
- Bandura, A. 1977. "Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change." *Psychological Review* 84 (2): 191–215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>.
- Barger, M. M., E. M. Kim, N. R. Kuncel, and E. M. Pomerantz. 2019. "The Relation Between parents' Involvement in children's Schooling and children's Adjustment: A Meta-Analysis." *Psychological Bulletin* 145 (9): 855–890. <https://doi.org/10.1037/bul0000201>.
- Beese, C., L. A. Scholz, A. Jentsch, D. Jusufi, K. Schwippert. 2022. *TIMSS 2019: Skalenhandbuch zur Dokumentation der Erhebungsinstrumente und Arbeit mit den Datensätzen*. Münster, New York: Waxmann.
- Biesanz, J. C., C. F. Falk, and V. Savalei. 2010. "Assessing Mediation Models: Testing and Interval Estimation for Indirect Effects." *Multivariate Behavioral Research* 45 (4): 661–701. <https://doi.org/10.1080/00273171.2010.498292>.
- Blums, A., J. Belsky, K. Grimm, and Z. Chen. 2017. "Building Links Between Early Socioeconomic Status, Cognitive Ability, and Math and Science Achievement." *Journal of Cognition and Development* 18 (1): 16–40. <https://doi.org/10.1080/15248372.2016.1228652>.
- Bourdieu, P. 1986. "The Forms of Capital." In *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education*, edited by J. Richardson, 241–258. Westport, Connecticut: Greenwood.
- Bradley, R. H., and R. F. Corwyn. 2002. "Socioeconomic Status and Child Development." *Annual Review of Psychology* 53 (1): 371–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135233>.
- Bronfenbrenner, U., and P. A. Morris. 2006. "The Bioecological Model of Human Development." In *Handbook of Child Psychology: Theoretical Models of Human Development*, edited by R. M. Lerner and W. Damon, 793–828. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Chen, F., K. A. Bollen, P. Paxton, P. J. Curran, and J. B. Kirby. 2001. "Improper Solutions in Structural Equation Models." *Sociological Methods & Research* 29 (4): 468–508. <https://doi.org/10.1177/0049124101029004003>.
- Cho, E. 2016. "Making Reliability Reliable: A Systematic Approach to Reliability Coefficients." *Organizational Research Methods* 19 (4): 651–682. <https://doi.org/10.1177/1094428116656239>.
- Crowley, K., M. A. Callanan, H. R. Tenenbaum, and E. Allen. 2001. "Parents Explain More Often to Boys Than to Girls During Shared Scientific Thinking." *Psychological Science* 12 (3): 258–261. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00347>.
- Dearing, E., B. M. Casey, C. M. Ganley, M. Tillinger, E. Laski, and C. Montecillo. 2012. "Young girls' Arithmetic and Spatial Skills: The Distal and Proximal Roles of Family Socioeconomics and Home Learning Experiences." *Early Childhood Research Quarterly* 27 (3): 458–470. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2012.01.002>.
- DeWitt, J., and L. Archer. 2017. "Participation in Informal Science Learning Experiences: The Rich Get Richer?" *International Journal of Science Education, Part B* 7 (4): 356–373. <https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1360531>.
- DeWitt, J., L. Archer, and J. Osborne. 2014. "Science-Related Aspirations Across the Primary–Secondary Divide: Evidence from Two Surveys in England." *International Journal of Science Education* 36 (10): 1609–1629. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.871659>.

- Eberbach, C., and K. Crowley. 2017. "From Seeing to Observing: How Parents and Children Learn to See Science in a Botanical Garden." *Journal of the Learning Sciences* 26 (4): 608–642. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1308867>.
- Engle, R. A., and F. R. Conant. 2002. "Guiding Principles for Fostering Productive Disciplinary Engagement: Explaining an Emergent Argument in a Community of Learners Classroom." *Cognition and Instruction* 20 (4): 399–483. https://doi.org/10.1207/S1532690XC12004_1.
- Foy, P., B. Fishbein, M. von Davier, and L. Yin. 2017. "Implementing the TIMSS 2019 Scaling Methodology." In *TIMSS 2019: Assessment Frameworks*, edited by I. V. S. Mullis and M. O. Martin, 551–696. Boston: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- Fransé, R. K., T. J. P. van Schijndel, and M. E. J. Raijmakers. 2020. "Parental Pre-Knowledge Enhances Guidance During Inquiry-Based Family Learning in a Museum Context: An Individual Differences Perspective." *Frontiers in Psychology* 11:1047. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01047>.
- Ganzeboom, H. B., P. M. de Graaf, and D. J. Treiman. 1992. "A Standard International Socio-Economic Index of Occupational Status." *Social Science Research* 21 (1): 1–56. [https://doi.org/10.1016/0049-089x\(92\)90017-b](https://doi.org/10.1016/0049-089x(92)90017-b).
- Grolig, L. 2020. "Shared Storybook Reading and Oral Language Development: A Bioecological Perspective." *Frontiers in Psychology* 11:1818. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01818>.
- Gutwill, J. P., and S. Allen. 2010. "Facilitating Family Group Inquiry at Science Museum Exhibits." *Science Education* 94 (4): 710–742. <https://doi.org/10.1002/sce.20387>.
- Haden, C. A. 2010. "Talking About Science in Museums." *Child Development Perspectives* 4 (1): 62–67. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00119.x>.
- He, X., Y. Deng, J. Liu, G. Sun, J. Xiong, and Y. Xiao. 2023. "The Chain Mediating Role of Perceived Family Support for Formal and Informal Science Learning in the Association Between Family Socioeconomic Status and Informal Science Learning Experiences." *Journal of Baltic Science Education* 22 (2): 232–253. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.232>.
- Hightower, B., K. J. Sheehan, A. R. Lauricella, and E. Wartella. 2022. "'Maybe We Do More Science Than I Had Initially Thought': How Parental Efficacy Affects Preschool-Aged Children's Science and Math Activities and Media Use." *Early Childhood Education Journal* 50 (6): 1021–1033. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01231-z>.
- Hill, N. E., and D. F. Tyson. 2009. "Parental Involvement in Middle School: A Meta-Analytic Assessment of the Strategies That Promote Achievement." *Developmental Psychology* 45 (3): 740–763. <https://doi.org/10.1037/a0015362>.
- Hoover-Dempsey, K. V., and H. M. Sandler. 2005. *Final Performance Report for OERI Grant # R305T010673: The Social Context of Parental Involvement: A Path to Enhanced Achievement*. Vanderbilt University.
- Hu, L., and P. M. Bentler. 1999. "Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria versus New Alternatives." *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal* 6 (1): 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>.
- Jorgensen, T. D., S. Pornprasertmanit, A. M. Schoemann, and Y. Rosseel. 2021. "semTools: Useful Tools for Structural Equation Modeling: R Package Version 0.5-5." <https://CRAN.R-project.org/package=semTools>.
- Junge, K., D. Schmerse, E.-M. Lankes, C. H. Carstensen, and M. Steffensky. 2021. "How the Home Learning Environment Contributes to children's Early Science Knowledge—Associations with Parental Characteristics and Science-Related Activities." *Early Childhood Research Quarterly* 56:294–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.04.004>.
- Kaderavek, J. N., P. Paprzycki, C. M. Czerniak, S. Hapgood, G. Mentzer, S. Molitor, and R. Mendenhall. 2020. "Longitudinal Impact of Early Childhood Science Instruction on 5th Grade Science Achievement." *International Journal of Science Education* 42 (7): 1124–1143. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1749908>.
- Kasper, D., C. Beese, L. A. Scholz, and K. Schwippert. 2023. *Trends in International Mathematics and Science Study 2019 (TIMSS 2019): Data Set (Version 2_1)*. IQB – Institute for Educational Quality Improvement. https://doi.org/10.5159/IQB_TIMSS_2019_v2.

- Kaya, S., and C. Lundeen. 2010. "Capturing Parents' Individual and Institutional Interest Toward Involvement in Science Education." *Journal of Science Teacher Education* 21 (7): 825–841. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9173-4>.
- Kelly, Y., A. Sacker, E. Del Bono, M. Francesconi, and M. Marmot. 2011. "What Role for the Home Learning Environment and Parenting in Reducing the Socioeconomic Gradient in Child Development? Findings from the Millennium Cohort Study." *Archives of Disease in Childhood* 96 (9): 832–837. <https://doi.org/10.1136/adc.2010.195917>.
- Kluczniok, K., S. Lehl, S. Kuger, and H.-G. Rossbach. 2013. "Quality of the Home Learning Environment During Preschool Age – Domains and Contextual Conditions." *European Early Childhood Education Research Journal* 21 (3): 420–438. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2013.814356>.
- Leach, J., and P. Scott. 2002. "Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing Upon the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning." *Studies in Science Education* 38 (1): 115–142. <https://doi.org/10.1080/03057260208560189>.
- Leech, K. A., A. S. Haber, Y. Jalkh, and K. H. Corriveau. 2020. "Embedding Scientific Explanations into Storybooks Impacts Children's Scientific Discourse and Learning." *Frontiers in Psychology* 11:1016. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01016>.
- LeFevre, J.-A., S.-L. Skwarchuk, B. L. Smith-Chant, L. Fast, D. Kamawar, and J. Bisanz. 2009. "Home Numeracy Experiences and children's Math Performance in the Early School Years." *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue Canadienne des Sciences du Comportement* 41 (2): 55–66. <https://doi.org/10.1037/a0014532>.
- Lin, P.-Y., and C. D. Schunn. 2016. "The Dimensions and Impact of Informal Science Learning Experiences on Middle schoolers' Attitudes and Abilities in Science." *International Journal of Science Education* 38 (17): 2551–2572. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1251631>.
- Little, T. D., U. Lindenberger, and J. R. Nesselroade. 1999. "On Selecting Indicators for Multivariate Measurement and Modeling with Latent Variables: When 'Good' Indicators Are Bad and 'Bad' Indicators Are Good." *Psychological Methods* 4 (2): 192–211. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.2.192>.
- Manolitsis, G., G. K. Georgiou, and N. Tziraki. 2013. "Examining the Effects of Home Literacy and Numeracy Environment on Early Reading and Math Acquisition." *Early Childhood Research Quarterly* 28 (4): 692–703. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2013.05.004>.
- Melhuish, E. C., M. B. Phan, K. Sylva, P. Sammons, I. Siraj-Blatchford, and B. Taggart. 2008. "Effects of the Home Learning Environment and Preschool Center Experience Upon Literacy and Numeracy Development in Early Primary School." *Journal of Social Issues* 64 (1): 95–114. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2008.00550.x>.
- Meyer, M., J. M. Zosh, C. McLaren, M. Robb, H. McCafferty, R. M. Golinkoff, K. Hirsh-Pasek, and J. Radesky. 2021. "How Educational Are 'Educational' Apps for Young Children? App Store Content Analysis Using the Four Pillars of Learning Framework." *Journal of Children and Media* 15 (4): 526–548. <https://doi.org/10.1080/17482798.2021.1882516>.
- Miller-Goldwater, H. E., L. M. Cronin-Golomb, M. H. Hanft, and P. J. Bauer. 2023. "The Influence of books' Textual Features and caregivers' Extratextual Talk on children's Science Learning in the Context of Shared Book Reading." *Developmental Psychology* 59 (2): 390–411. <https://doi.org/10.1037/dev0001480>.
- Morgan, P. L., G. Farkas, M. M. Hillemeier, and S. Maczuga. 2016. "Science Achievement Gaps Begin Very Early, Persist, and Are Largely Explained by Modifiable Factors." *Educational Researcher* 45 (1): 18–35. <https://doi.org/10.3102/0013189X16633182>.
- Mullis, I. V. S., M. O. Martin, P. Foy, D. L. Kelly, and B. Fishbein. 2020. *TIMSS 2019: International Results in Mathematics and Science*. Boston College: International Study Center, Lynch School of Education.
- Niklas, F., and W. Schneider. 2017. "Home Learning Environment and Development of Child Competencies from Kindergarten Until the End of Elementary School." *Contemporary Educational Psychology* 49:263–274. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.03.006>.

- OECD. 2016. *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*, PISA. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>.
- Otani, M. 2020. "Parental Involvement and Academic Achievement Among Elementary and Middle School Students." *Asia Pacific Education Review* 21 (1): 1–25. <https://doi.org/10.1007/s12564-019-09614-z>.
- Perera, L. D. H. 2014. "Parents' Attitudes Towards Science and Their Children's Science Achievement." *International Journal of Science Education* 36 (18): 3021–3041. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.949900>.
- Preacher, K. J., and J. P. Selig. 2012. "Advantages of Monte Carlo Confidence Intervals for Indirect Effects." *Communication Methods and Measures* 6 (2): 77–98. <https://doi.org/10.1080/19312458.2012.679848>.
- Robitzsch, A., S. Grund, and T. Henke. 2021. "Package 'Miceadds': R-Package Version 3.11-6." <https://cran.r-project.org/web/packages/miceadds/miceadds.pdf>.
- Rossee, Y., T. D. Jorgensen, N. Rockwood, D. Oberski, J. Byrnes, L. Vanbrabant, V. Savalei, et al. 2022. "lavaan: Latent Variable Analysis." <https://cran.r-project.org/web/packages/lavaan/index.html>.
- Rubin, D. B. 2003. "Nested Multiple Imputation of NMES via Partially Incompatible MCMC." *Statistica Neerlandica* 57 (1): 3–18. <https://doi.org/10.1111/1467-9574.00217>.
- Saçkes, M. 2014. "Parents Who Want Their PreK Children to Have Science Learning Experiences Are Outliers." *Early Childhood Research Quarterly* 29 (2): 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2013.11.005>.
- Saçkes, M., K. C. Trundle, R. L. Bell, and A. A. O'Connell. 2011. "The Influence of Early Science Experience in Kindergarten on children's Immediate and Later Science Achievement: Evidence from the Early Childhood Longitudinal Study." *Journal of Research in Science Teaching* 48 (2): 217–235. <https://doi.org/10.1002/tea.20395>.
- Sammons, P., K. Toth, K. Sylva, E. Melhuish, I. Siraj, and B. Taggart. 2015. "The Long-Term Role of the Home Learning Environment in Shaping students' Academic Attainment in Secondary School." *Journal of Children's Services* 10 (3): 189–201. <https://doi.org/10.1108/JCS-02-2015-0007>.
- Segers, E., T. Kleemans, and L. Verhoeven. 2015. "Role of Parent Literacy and Numeracy Expectations and Activities in Predicting Early Numeracy Skills." *Mathematical Thinking and Learning* 17 (2–3): 219–236. <https://doi.org/10.1080/10986065.2015.1016819>.
- Shirefley, T. A., C. L. Castañeda, J. Rodriguez-Gutiérrez, M. A. Callanan, and J. Jipson. 2020. "Science Conversations During Family Book Reading with Girls and Boys in Two Cultural Communities." *Journal of Cognition and Development* 21 (4): 551–572. <https://doi.org/10.1080/15248372.2020.1797750>.
- Shirefley, T. A., and C. Leaper. 2021. "Mothers' and Fathers' Science-Related Talk with Daughters and Sons While Reading Life and Physical Science Books." *Frontiers in Psychology* 12:813572. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.813572>.
- Siegel, D. R., J. Esterly, M. A. Callanan, R. Wright, and R. Navarro. 2007. "Conversations About Science Across Activities in Mexican-Descent Families." *International Journal of Science Education* 29 (12): 1447–1466. <https://doi.org/10.1080/09500690701494100>.
- Silander, M., T. Grindal, N. Hupert, E. Garcia, K. Anderson, P. Vahey, and S. Pasnik. 2018. *What Parents Talk About When They Talk About Learning: A National Survey About Young Children and Science*. New York, NY, & Menlo Park, CA: Education Development Center, Inc. & SRI International.
- Silver, A., and B. S. Rushton. 2008. "Primary-School children's Attitudes Towards Science, Engineering and Technology and Their Images of Scientists and Engineers." *Education* 3-13, 36 (1): 51–67. <https://doi.org/10.1080/03004270701576786>.
- Sirin, S. R. 2005. "Socioeconomic Status and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review of Research." *Review of Educational Research* 75 (3): 417–453. <https://doi.org/10.3102/00346543075003417>.
- Skwarchuk, S.-L., C. Sowinski, and J.-A. LeFevre. 2014. "Formal and Informal Home Learning Activities in Relation to children's Early Numeracy and Literacy Skills: The Development of a Home Numeracy Model." *Journal of Experimental Child Psychology* 121:63–84. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.11.006>.

- Sonnenschein, S., H. Gursoy, and M. Stites. 2022. "Elementary School Children's Home Learning Environments: Mathematics, Reading, Science, and Written Language." *Education Sciences* 12 (5): 313. <https://doi.org/10.3390/educsci12050313>.
- Soysal, Y., and O. Yilmaz-Tuzun. 2021. "Relationships Between Teacher Discursive Moves and Middle School Students' Cognitive Contributions to Science Concepts." *Research in Science Education* 51 (S1): 325–367. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09881-1>.
- Suter, L. E. 2014. "Visiting Science Museums During Middle and High School: A Longitudinal Analysis of Student Performance in Science." *Science Education* 98 (5): 815–839. <https://doi.org/10.1002/sce.21116>.
- Tenenbaum, H. R., and C. Leaper. 2003. "Parent-Child Conversations About Science: The Socialization of Gender Inequities?" *Developmental Psychology* 39 (1): 34–47. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.39.1.34>.
- Tenenbaum, H. R., C. E. Snow, K. A. Roach, and B. Kurland. 2005. "Talking and Reading Science: Longitudinal Data on Sex Differences in Mother-Child Conversations in Low-Income Families." *Journal of Applied Developmental Psychology* 26 (1): 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.10.004>.
- Toth, K., P. Sammons, K. Sylva, E. Melhuish, I. Siraj, and B. Taggart. 2020. "Home Learning Environment Across Time: The Role of Early Years HLE and Background in Predicting HLE at Later Ages." *School Effectiveness and School Improvement* 31 (1): 7–30. <https://doi.org/10.1080/09243453.2019.1618348>.
- Vandermaas-Peeler, M., M. Mischka, and K. Sands. 2019. "'What Do You notice?' Parent Guidance of preschoolers' Inquiry in Activities at Home." *Early Child Development and Care* 189 (2): 220–232. <https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1310724>.
- Vandermaas-Peeler, M., L. Westerberg, H. Fleishman, K. Sands, and M. Mischka. 2018. "Parental Guidance of Young children's Mathematics and Scientific Inquiry in Games, Cooking, and Nature Activities." *International Journal of Early Years Education* 26 (4): 369–386. <https://doi.org/10.1080/09669760.2018.1481734>.
- Vygotsky, L. S. 1987. "Thinking and Speech." In *The Collected Works of L. S. Vygotsky: Vol. 1. Problems of General Psychology. Including the Vo-Lume "Thinking and Speech"*, edited by R. W. Rieber, A. S. Carton, L. S. Vygotsky, and J. S. Bruner, 37–285. New York: Plenum Press.
- Wei, R. H. 2006. *CFT 20-R: Grundintelligenztest Skala 2 – Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgetest - Revision (WS/ZF-R). (Culture Fair Test 20-R. Intelligence test Scale 2, revised (CFT 20-R) with vocabulary and numerical order test, revised)*. 1st ed. Göttingen: Hogrefe.
- Wood, D., J. S. [J. S.]. Bruner, and G. Ross. 1976. "The Role of Tutoring in Problem Solving." *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines* 17 (2): 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>.
- Zady, M. F., and P. R. Portes. 2001. "When Low-SES Parents Cannot Assist Their Children in Solving Science Problems." *Journal of Education for Students Placed at Risk (JESPAR)* 6 (3): 215–229. https://doi.org/10.1207/S15327671ESPR0603_4.
- Zhang, X., B. Y. Hu, L. Ren, and L. Zhang. 2019. "Family Socioeconomic Status and Chinese children's Early Academic Development: Examining Child-Level Mechanisms." *Contemporary Educational Psychology* 59:101792. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101792>.

5. Studie 2

The Quality of Parent-Child Interactions in Science and Associations with Children's Science Learning: A Systematic Review

Referenz:

Dominke, H., & Steffensky, M. (2025). The quality of parent–child interactions in science and associations with children's science learning: A systematic review. *Review of Education*, *13*(2), 1–31. <https://doi.org/10.1002/rev3.70067>

Der im Folgenden abgedruckte Beitrag wurde unter der Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) veröffentlicht und darf unter Namensnennung frei genutzt, vervielfältigt und verbreitet werden. Änderungen am Originalbeitrag wurden nicht vorgenommen

The quality of parent–child interactions in science and associations with children's science learning: A systematic review

Henning Dominke  | Mirjam Steffensky 

Faculty of Education, University of Hamburg, Hamburg, Germany

Correspondence

Henning Dominke, Von-Melle-Park 8, D-20146 Hamburg, Germany.
Email: henning.dominke@uni-hamburg.de

Abstract

The family plays a vital role in fostering children's learning in science through joint experiences in diverse settings such as homes or museums. Beyond frequency, the quality of parent–child interactions in science significantly influences the children's development. However, research in this area has often focused on single aspects of parent–child interactions, exhibiting substantial variation in operationalisations and terminologies across studies. This complicates the comparability between the studies and an identification of which elements in high-quality parent–child interactions are especially important for children's science learning. To address this gap, we systematically reviewed 81 studies on shared parent–child interactions in science, and organised their operationalisations within four overarching categories of interaction quality: parents' science-specific support, cognitive activation, cognitive support, and emotional-motivational support. Most studies placed emphasis on parents' provision of science-specific support and cognitive activation, with less attention given to cognitive and emotional-motivational support. Further, we found mixed findings on how interaction quality relates to three aspects in children's science learning: their cognitive and motivational-affective outcomes, and engagement. These inconsistencies may stem from variations in operationalisations and measurements across studies, and individual prerequisites in children. Overall, this review may improve the comparability between the studies and identification of

This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2025 The Author(s). *Review of Education* published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of British Educational Research Association.

blind spots in research. It may aid future research in clearer operationalisation and recognition of boundaries in assessing interaction quality, potentially leading to more generalisable findings. Additionally, this review highlights the need for future research to include families from more diverse cultural or social backgrounds and adopt a broader perspective on parent–child interaction quality.

KEYWORDS

interaction quality, parent–child interactions, science education, systematic review

Context and implications

Rationale for this study

This review analysed approaches in studying parent–child science interactions to identify overarching factors commonly understood as important for interaction quality and children's science learning.

Why the new findings matter

This review identified four overarching factors which seem important for parent–child interactions. These may be useful when comparing the studies' approaches and help to identify blind spots in research.

Implications for researchers

This study may serve as a guidance for future research in clearer conceptualisations of interaction quality, potentially leading to more generalisable findings. We suggest that a broader perspective on interaction quality, including emotional-motivational aspects, which are less in focus in previous research, could lead to a more complete picture. Future research should also aim to include families from a broader range of cultural or socioeconomic backgrounds. This may enhance our understanding of how parents and children interact with science and how this relates to children's science learning across various families.

INTRODUCTION

From an early age, science learning is crucial for building a scientifically literate and responsible community (Eshach, 2006; Organization for Economic Co-operation and Development [OECD], 2016). Next to (pre)school influences, interactions in the family play a central role in children's science development (Bae et al., 2023; Haden, 2010; Pattison & Dierking, 2019). Besides the frequency (Dominke & Steffensky, 2024; Junge et al., 2021), the quality of interactions between parents and children is crucial for children's learning in the science domain.

This encompasses factors such as parents' support for their children's science learning or shared engagement in sustained science conversations (Bae et al., 2023; Eberbach & Crowley, 2017; Haden, 2010).

However, in the science domain, there is only limited research on parent–child interactions compared to other domains such as literacy and numeracy (Bustamante et al., 2020; Fiskerstrand, 2022; Pianta, 2004; Pillinger & Vardy, 2022). Moreover, previous quantitative research on science interactions has mainly focused on specific aspects of parent–child interaction quality, such as asking open-ended questions or giving explanations. Thereby, a large variety of terminologies and operationalisations has been applied across studies (Alvarez & Booth, 2016; Callanan et al., 2017; Shirefley & Leaper, 2021). This can make it difficult to compare studies and to determine which factors are generally considered important in parent–child science interactions. Therefore, our primary goal was to systematically review quantitative research on parent–child interactions in science. This review followed the rigorous guidelines of a systematic review (Gough & Richardson, 2019; Page et al., 2021). We applied methodologies commonly used in systematic meta-syntheses (Dixon-Woods et al., 2005; Gough & Richardson, 2019; Grant & Booth, 2009), incorporating approaches similar to thematic synthesis and content analysis (Dixon-Woods et al., 2005; Thomas & Harden, 2008). These approaches encompass two successive phases of data-coding and -categorisation (Fiskerstrand, 2022; Saldaña, 2013): First, we aimed to identify common themes and aspects within the operationalisations used to quantify interaction quality in the reviewed studies. Building upon this, we sought to organise these aspects to identify overarching categories understood as important factors of interaction quality, as well as to uncover blind spots in the existing research. In a second step, for a subset of studies, we reviewed how parent–child interaction quality relates to various aspects of children's science learning, including cognitive and emotional-motivational outcomes, and their engagement in science.

Notably, although we acknowledge the great wealth of qualitative studies for understanding parent–child interactions in science (Ash, 2003; Luce et al., 2017; Pattison & Dierking, 2019), this review included only studies which quantified interactions through specific sets of operationalisations. We chose this approach to provide a more systematic and measurable analysis, ensuring a consistent framework for comparison across studies.

BACKGROUND

Parent–child interactions in science

From early on, children develop initial ideas and knowledge about various life and physical science phenomena, laying the foundation for a more sophisticated understanding of science concepts later on (Akerson et al., 2015; Eshach, 2006; Hadzigeorgiou, 2015). Children are naturally motivated and curious to learn about science (Eshach, 2006; Patrick & Mantzicopoulos, 2015) and are typically highly engaged when exploring science phenomena (Bell et al., 2009; van Schijndel & Raijmakers, 2015).

The family plays an important role in supporting children's science knowledge, motivation, and engagement through numerous opportunities for informal science interactions (Bell et al., 2009; Eshach, 2006; Luce et al., 2017). These interactions can occur at home, where parents and children, for example, jointly read science books (Mantzicopoulos et al., 2013; Miller-Goldwater et al., 2023; Shirefley et al., 2020), use science media (Hightower et al., 2022), or conduct science hands-on activities (Luce et al., 2017; Siegel et al., 2007; Vandermaas-Peeler et al., 2019). Further, parents and children interact in informal science settings such as museums, nature walks, or aquariums/zoos (Ash, 2003; Bell et al., 2009; Callanan et al., 2017; Crowley et al., 2001; Eberbach & Crowley, 2017; Falk & Dierking, 2018;

Zimmerman et al., 2013). Initial research shows that children's development is associated with the frequency (Dominke & Steffensky, 2024; Junge et al., 2021; Suter, 2014) as well as the quality of interactions, or *how* parents and children interact (Bae et al., 2023; Brito et al., 2014; Callanan & Valle, 2008; Eberbach & Crowley, 2017; Pattison & Dierking, 2019).

In conceptualising interaction quality, research in the family context often differentiates between emotional-motivational and cognitive-related aspects (Brito et al., 2014; Linberg et al., 2020; Vallotton et al., 2017). Drawing from self-determination (Ryan & Deci, 2000) and attachment theories (La Guardia et al., 2000), emotional-motivational aspects of interaction quality are understood as a prerequisite and catalyst in interactions. They serve as a foundation so that children can successfully engage in cognitive learning experiences. This can include parents' support for the experience of (a) autonomy (e.g. child-centred interactions that encourage a sense of self-initiative); (b) competence (e.g. appreciation of ideas, positive handling of mistakes, and the use of waiting time); and (c) social relatedness (e.g. parents' positive emotional responses, patience, prompt reactions, and warmth in interactions).

Cognitive-related parent–child interactions are often framed within cognitive and socio-cultural learning theories (Bell et al., 2009; Callanan & Valle, 2008; Falk & Dierking, 2018; Rogoff, 1990; Vygotsky, 1987). They involve co-constructive learning processes between parents and children in which (non)verbal language and dialogue plays a fundamental role. Through these, children are stimulated to think and are guided in their everyday experiences by their more knowledgeable parents (Rogoff, 1990; Vygotsky, 1987).

Hence, the quality of interactions refers to various verbal and non-verbal practices parents and children implement in joint interactions. These practices include aspects such as joint discussions, engaging in shared thinking processes, or the parents' timely and sensitive support for the children's learning. Such aspects are considered indicative of children's development in domains such as science (Ash, 2003; Bell et al., 2009; Haden, 2010; Luce et al., 2017; Pattison & Dierking, 2019). The interactions, in turn, are shaped by the social, cognitive, and emotional prerequisites of parents and children (Brito et al., 2014; Falk & Dierking, 2018; Franse et al., 2021).

Despite the acknowledged importance of family interactions in science, there is a lack of research in this domain compared to numeracy or literacy (Bustamante et al., 2020; Fiskerstrand, 2022; Hammet et al., 2003; Leseman & van den Boom, 1999; Pillinger & Vardy, 2022). Furthermore, we currently see several shortcomings in this research field. First, most studies that quantitatively investigated parent–child interactions in science focused on isolated operationalisations (e.g. parents asking open-ended questions, giving explanations; Booth et al., 2020; Callanan et al., 2017; Leichtman et al., 2017), which makes sense for reasons of feasibility. However, interactions are naturally highly complex, encompassing a wide range of emotional-motivational and cognitive aspects in joint interactions (Brito et al., 2014; Linberg et al., 2020; Vallotton et al., 2017). Thus, identifying broader, overarching principles of interaction quality and how they have been operationalised in previous studies could provide a more systematic understanding of interaction quality. This broader categorisation may also offer clearer insights into the relationship between interaction quality and children's science learning (such as their knowledge and motivation) and engagement.

Second, the existing literature presents a diversity of terms and definitions for specific aspects of interaction quality that are not always disjunct, complicating the comparability of studies. For instance, the term 'elaborative talk' includes parents giving explanations, asking questions, eliciting hypotheses, and connecting to the child's prior experiences (Miller-Goldwater et al., 2023). Another term, 'causal talk', incorporates parental explanations or inquiries for explanations (Alvarez & Booth, 2016; Bae et al., 2023; Booth et al., 2020). Terms such as 'proposing actions' and 'interpreting results' cover a broad spectrum ranging from asking questions to providing explanations and making comparisons (Franse et al., 2021; Gutwill & Allen, 2010). Although this provides a multifaceted view on the complex construct

of parent–child interactions, systematising these approaches could lead to a better comparability of studies.

Third, the studies differ in their topic-specificity. Some studies take a topic-oriented approach and examine how parents assist their children in comprehending specific scientific phenomena such as the characteristics of an animal (Geerdts et al., 2015; Labotka et al., 2021). Conversely, some studies focus on topic-overarching, more generic aspects of interactions. These can include, for example, open-ended questions (Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; Ocular et al., 2022) or the support and assistance parents provide (Crowley et al., 2001; Szechter & Carey, 2009). These aspects also represent important features in other domains such as literacy or numeracy (Bustamante et al., 2020; Pillinger & Vardy, 2022; Price et al., 2009). Both perspectives are reasonable but should be systematised in the research of science interaction quality. This approach might also help to identify potential gaps in research.

Associations between interaction quality and children's outcomes

Findings from the family and school context underline the importance of interaction quality for children's science learning. In the family context, parents' amount of causal talk (e.g. asking open-ended questions, giving explanations) was shown to be associated with children's science knowledge and motivation to learn about science (Alvarez & Booth, 2016; Bae et al., 2023; Booth et al., 2020). Furthermore, the depth of science-specific dialogues between parents and children was related to children's science knowledge (Eberbach & Crowley, 2017). When supported by their parents, children engaged significantly longer and discovered more features of science phenomena than children who are not supported (Crowley et al., 2001; Fender & Crowley, 2007). The affective talk between parents and children (e.g. expressing positive emotions) was shown to be closely linked to children's engagement in science interactions (Szechter & Carey, 2009). Similarly, evidence from the preschool context has shown that high-quality interactions influence various outcomes such as children's science knowledge (Schmerse et al., 2024; Studhalter et al., 2021) or motivation (Mantzicopoulos et al., 2013).

However, variations across studies in how interaction quality and children's outcomes are operationalised make it challenging to identify regularities in associations with different aspects of children's learning. In formal contexts, learning outcomes associated with teaching quality are often categorised into cognitive outcomes, motivational-affective outcomes, and learning processes (Seidel & Shavelson, 2007). Similar relationships between interaction quality and science knowledge (Eberbach & Crowley, 2017; Miller-Goldwater et al., 2023), motivation to learn about science (Alvarez & Booth, 2016), or engagement in activities (Bustamante et al., 2020; Callanan et al., 2017; Crowley et al., 2001) are shown in the family context. Thus, the mentioned aspects of children's learning seem relevant here as well. This review therefore aimed to give an overview on how interaction quality relates to children's science learning, including their cognitive and motivational-affective outcomes, and their engagement.

Present review

Overall, previous quantitative studies on science-specific interaction quality in the family context mainly focused on isolated aspects, varying greatly in their approaches, operationalisations and terminologies. As a result, the findings are limited with regard to their comparability. Therefore, this review aimed to systematise the various operationalisations of previous

studies and to identify overarching categories of interaction quality. Notably, this categorisation was neither intended to simplify the complexity of joint parent–child interactions or to exhaustively encompass all their details, nor to ignore differences in previous approaches and foci. Rather, it sought to offer an overview of the commonly recognised pivotal elements in parent–child interactions in science and blind spots in previous research. It aimed to improve comparability across studies, and to assist future research in clearer operationalisation and identification of boundaries in their assessments. Ultimately, this may contribute to more generalisable findings regarding parent–child interaction quality in science and may identify blind spots in research. In a second step, based on these categorisations, we aimed to provide an overview of how interaction quality is related to three central aspects of children's outcomes (cognitive outcomes, motivational-affective outcomes, and engagement).

Thus, our review focused on the following questions: (1) Which categories of interaction quality are the focus of research on parent–child interaction quality? (2) For those studies that also assessed outcomes, what are the main findings regarding the relationship between the different categories of interaction quality and children's outcomes?

METHOD

In accordance with a typology of different reviews (Grant & Booth, 2009) and established literature (Dixon-Woods et al., 2005; Gough & Richardson, 2019; Pollock & Berge, 2018), this review was conducted as a traditional systematic review. Following the PRISMA-guidelines (Page et al., 2021), it sought for a rigorous literature search with a selection process of the reviewed articles based on inclusion and exclusion criteria (Grant & Booth, 2009; Pollock & Berge, 2018). Further, it aimed to systematically bring together the results of the studies (Dixon-Woods et al., 2005; Pollock & Berge, 2018). Our approach shares similarities with meta-syntheses, allowing us to identify and categorise overarching themes and constructs in the literature regarding parent–child interaction quality (Dixon-Woods et al., 2005; Gough & Richardson, 2019; Grant & Booth, 2009). The key difference lies in our use of thematic synthesis and content analysis on the operationalisations and descriptions in studies *quantifying* interaction quality (Dixon-Woods et al., 2005; Thomas & Harden, 2008). These methods use successive phases of data reduction coding to systematise the operationalisations and descriptions into overarching categories of interaction quality, which we will elaborate on later. This approach has already been successfully applied in prior research focusing on parental involvement in the math domain (Fiskerstrand, 2022).

Literature search

To obtain an exhaustive compilation of studies that quantitatively researched science interactions between parents and children, we searched the literature in two common data banks, Web of Science and ERIC, in April and May 2023. The detailed process of the literature search is represented in Figure 1. Following the PRISMA-guidelines (Page et al., 2021), we first examined some pertinent articles and theoretical papers for appropriate keywords and added some relevant terms to our literature search. We eventually used a combination of the following keywords, including word roots: science, STEM, nature, children, parents, caregiver, family, informal, home, learning, quality, interact, task, activity, engage, converse, talk, exchange, dialogue, support and discuss. In Web of Science, we further refined our search terms by excluding irrelevant research fields (for details, see methods supplement in Appendix S1). The literature search resulted in 24,022 articles, of which 2589 occurred in ERIC. As we were unable to export records from ERIC, we could not remove duplicates; thus,

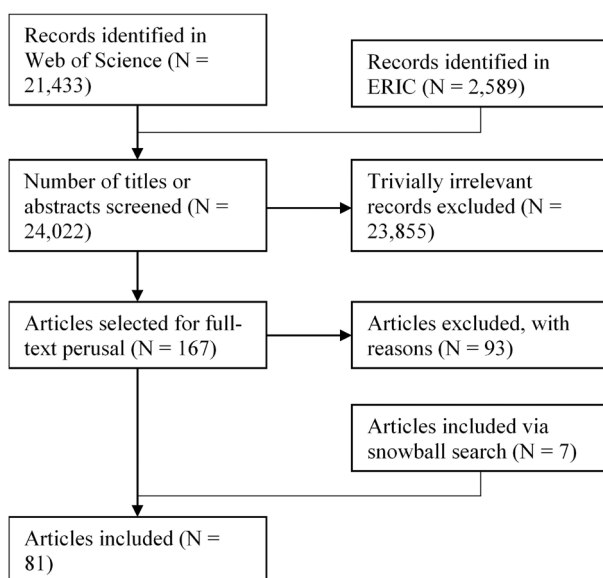


FIGURE 1 Article selection process.

we screened the titles and abstracts of all records. In the first step, based on trivial exclusion criteria, we excluded articles that were not written in English, were not peer-reviewed, were not science-related, or did not focus on the family context (for details, see methods supplement in [Appendix S1](#)). A research assistant additionally screened the first 1000 articles in Web of Science, which we expected to include most of the relevant articles. A satisfactory percentual agreement of 98% regarding which articles should be included was reached (based on the trivial inclusion criteria). Disagreements were resolved through discussion.

After this initial screening, the resulting 167 articles were read in full text. We included and excluded articles based on the following criteria (see methods supplement in [Appendix S1](#) for full information on inclusion and exclusion criteria):

1. We included only studies within the (natural) science context. This encompassed the physical sciences (e.g. energy, electricity, light and shadow), life sciences (e.g. plant growth, evolution), and earth, space, and environmental sciences (e.g. planets, universe, water cycle, sustainability) (National Research Council [NRC], 2012). According to the NRC (2012), engaging in science means explaining and understanding the natural world through a variety of specific scientific practices. This contrasts with engineering, which involves applying scientific and mathematical knowledge to solve human problems or needs, such as creating technologies or construction works (NRC, 2012). The STEM-disciplines (science, technology, engineering, mathematics) are intertwined, yet the literature reveals significant ambiguity regarding the integration of STEM as a meta-discipline (Bybee, 2013). Very often, it serves as an umbrella term for individual disciplines, sometimes focusing solely on engineering or mathematics (Bybee, 2013; Martín-Páez et al., 2019). Firstly, because there are virtually no studies that have an integrated understanding of STEM, and secondly, because covering all individual STEM disciplines (including mathematics) would go beyond the scope of this review, we limited this review to studies with a focus on science. We excluded contributions that were located in a STEM context but focused solely on STEM disciplines.

2. As we were particularly interested in parent–child interactions, we excluded studies focusing solely on children's behaviours.
3. We excluded studies that focused on typical parental profiles during interactions rather than on interaction behaviours themselves (e.g. 'parents as observers' and 'parents as demonstrators'). These profiles were often operationalised too broadly as to identify more distinct aspects of interaction quality.
4. We included studies that clearly focused on the interaction between parents and children (e.g. emphasising the pivotal role parents play in shaping their children's learning) and defined specific operationalisations of interaction quality.
5. Certain studies have focused on the materials themselves and the ways in which parents or children use them independently. While we recognise the significant role that materials play in children's science learning, this was not the main focus of our research. Thus, these studies were excluded from our review. However, we included studies that explored how parents and children interacted together regarding these materials, specifically examining how parents guided their children using nonverbal support (e.g. pointing out important features and placing them within reach) and verbal language.
6. The study quantified interaction quality. For instance, we included studies that, for example, counted the number of open-ended questions the parents asked their children during the interaction. Although we acknowledge the great wealth of qualitative studies to understand parent–child-interactions in science, these were not the focus of this review.

Two research assistants additionally checked all studies for inclusion or exclusion based on these six criteria (see also the checklist in the methods supplement in [Appendix S1](#)), and a high agreement was reached ($\kappa=0.92$). Discrepancies were resolved through discussion. We further did not make any constraints on the publication year of the study, the age of the children, or a specific setting (such as a museum, science centre, or home). This could provide a comprehensive overview of (quantitative) research on the quality of science interactions between parents and children. Eventually, we identified 74 studies matching our criteria, and an additional seven articles were included via snowball search. After multiple iterations of backward snowballing, we concluded our snowball search when none of the 81 included studies pointed to any potentially undiscovered studies. As backward snowballing yielded only a few additional studies, it seemed that our article search had reached saturation. To further confirm this, we performed a subsequent forward snowballing of the ten most cited articles, which did not reveal any additional articles for inclusion (due to considerations of time efficiency, we did not perform forward snowballing on all articles).

Coding

In the following section, we will briefly describe the coding processes for sample demographics and general study information. Then, we will describe the categorisation of the operationalisations of interaction quality (RQ1), and children's outcomes if assessed (RQ2). For reliability, we double-coded 27% of the included studies with satisfying rater agreements ranging from $\kappa=0.84$ to 1.00 for the respective codes (where appropriate).

Sample demographics

We recorded the sample demographics as provided by the studies. Sample demographics included the number of families observed in the studies and family composition, i.e., the number of girls and boys, fathers, mothers and other caregivers, and the age of the children

(and age range, as some studies only provided ranges). If provided, parents' educational background was scored as high if >70% of parents had at least a bachelor's degree or 16 years of schooling, medium if 50%–70% had at least a bachelor's degree or 16 years of schooling, or else as low. Ethnic diversity was coded within the same ranges with low diverse samples consisting of >70% of one ethnic group, medium diverse samples consisting of 50%–70% of one ethnic group, and others as highly diverse.

General study information

The learning context was coded for home setting, informal setting (e.g. museum, science centre, zoo), lab setting, or multiple settings. Lab setting was coded when parents and children were observed in a discrete environment that was not the home or informal setting. This was when parents and children were observed in a separate room at a university or museum where an experiment has been set up that was not related to the family's visit to the museum. Multiple settings were coded when families were observed in more than one setting in one study (always home and informal setting).

We coded the study design (single observation, intervention, longitudinal) and the science topic that was the focus of the study. This was coded as physical science, life science, a combination of physical and life science (e.g. when there were exhibits of both topics in a museum), or palaeontology/natural history. The region in which the study took place was roughly coded as USA, European, and other (as we only identified a few studies from other regions).

Lastly, we coded for the measurement type (via transcripts, video ratings, a combination of transcripts and video ratings, and live ratings) and rating type of interaction quality (rating with low-inference, high-inference, or a combination of both): coding procedures differ based on the inferential interpretations made by raters. High-inference ratings depend on comprehensive observations of interactions, using more holistic codes, providing an overall impression of interaction quality via rating scales. These ratings require long coding units and a substantial degree of interpretation from the rater. In contrast, low-inference ratings seek to code on a smaller grain size to document narrow behaviours. They typically rely on shorter units, such as event or time samples and spoken sentences, (often) with their frequency being counted. These rely less on interpretational judgement by the raters (Bardack et al., 2017).

Categories of interaction quality

To answer research question 1, we followed a procedure similar to the data grouping steps as used in thematic synthesis and content analysis for qualitative systematic reviews or meta-syntheses (Dixon-Woods et al., 2005; Thomas & Harden, 2008). These involved two successive phases of data coding and categorisation as described in Saldaña (2013) (for a similar approach in the math domain, cf. Fiskerstrand, 2022): in a first coding phase, we screened the original articles for their operationalisations of interaction quality. Using structural coding (Saldaña, 2013), we closely adhered to sample items or descriptions in the studies. We systematically categorised synonymous or similar operationalisations under the same aspects of interaction quality and counted their frequency (descriptive theming; Thomas & Harden, 2008). For instance, both operationalisations 'connections to previous experience' (Callanan et al., 2017) and 'linking present to prior knowledge and experiences' (Eberbach & Crowley, 2017) share high similarities and were encoded under the same aspect. Certain studies focused on aspects very particular to their study design, such as

adhering to conventions for book reading ('we are reading from left to right') or obtaining information from museum staff. Since these aspects were unrelated to science interactions in the family context, we excluded these infrequently occurring cases from our analysis. Furthermore, we excluded specific behaviours of children or parents, such as reading labels or manipulating materials. Our interest was focused more on how parents and children interacted with each other rather than on how parents and children utilised the materials or exhibits.

In the second phase, we adhered to pattern and focus coding (Saldaña, 2013). This involved grouping the aspects from the first coding phase into a concise set of more abstract categories ('patterns'). Thereby, we identified reoccurring themes, similarities and commonalities, and conceptual overlaps across the aspects, as well as frequently-used operationalisations within these categories ('focus'). These more abstract categories represent the 'analytical themes' (Thomas & Harden, 2008) on which our further interpretations relied on. If a single operationalisation encompassed aspects that included many of the inductively generated categories, these instances were coded as a combination. This occurred, for instance, when a single operationalisation combined asking open-ended questions and giving hints or assistance, which were later identified as two aspects of separate categories. In the following sections, we will provide more detail on the second categorisation process.

Outcomes

To answer research question 2, for those studies that linked interaction quality to children's outcomes, we coded which category of interaction quality was linked to one of three different types of outcomes according to Seidel and Shavelson (2007). Cognitive outcomes were coded if interaction quality was linked to children's knowledge acquisition as measured, for example, by standardised tests. Motivational-affective outcomes were coded if interaction quality was linked to, for example, children's development of (situational) interest, motivation, or science-specific beliefs or attitudes. Children's engagement was coded as, for example, their activity level, level of occupation and participation (including children's verbal participation such as asking questions or explaining), or use of learning strategies in the interaction. Additionally, we included the time parents and children interacted together, which can be seen as a result of high interaction quality on the children's engagement. This code was not given when the longer duration of an interaction was observed as an effect of an intervention, as this was not the focus of our interest. See Table 1 for coding examples.

We further classified positive or negative relationships with significance levels of $p < 0.05$ and insignificant relationships with $p > 0.05$ (magnitude coding; Saldaña, 2013). However, many studies linked several aspects of one category to children's outcomes, with some aspects showing positive and other aspects showing insignificant or negative relationships. Or they compared groups, with one group showing positive, the other group showing insignificant relationships between interaction quality and outcome. We classified these studies as mixed but will provide more detailed information later.

Methodological limitations

Before presenting and discussing our results, we address some limitations inherent in our methodological approach, which frame the context for our findings. Our approach involved pattern and focus coding, methods that require interpretative categorisation to some degree (Saldaña, 2013; Thomas & Harden, 2008). Thus, our categorisation represents only one possible way to structure the data.

TABLE 1 Outcomes of interaction quality (according to Seidel & Shavelson, 2007) and examples for assessments.

Outcome	Definition	Examples for assessments
Cognitive	Describes the acquisition of knowledge as the effects of learning	Science knowledge test/interview; number of completed tasks (e.g. correctly solving electrical circuit tasks)
Motivational-affective	Describes the development of motivational, affective, or emotional aspects in parent–child interactions	(Semi-)standardised interview about interests/curiosity/motivation in science
Engagement	Resembles the depth of cognitive and/or verbal learning processes children engage in as they interact with their parents	Children's behaviour as assessed by standardised instruments; number and/or depth of answers, explanations, questions, statements; number of tasks a child engages in; time a child is engaged in a specific task (only coded, if time was related to interaction quality, and not, for instance, a result of an intervention study)

Next, although we aimed to offer an exhaustive overview of studies on interaction quality in science, there may be more studies not listed in the reviewed databanks. We tried to compensate however by including unlisted studies through a backward snowball search (and additional forward snowballing of the 10 most cited articles). Also, the inclusion of qualitative studies in the review process could have contributed additional insights in parent–child interaction quality for this review, which were, however, not the focus of this study.

Focusing on STEM areas beyond science could also enhance our understanding of parent–child interaction quality. For instance, it is conceivable that other fields of STEM, such as tinkering or maker spaces (Acosta et al., 2021; Benjamin et al., 2010; Pagano et al., 2020) could further clarify our insights into interaction quality. However, as our focus was exclusively on science, this limits the generalisability to other STEM areas.

Further, due to transparency and accessibility reasons, we focused on articles only in English. This may have biased our selection towards studies from English-speaking regions, whereas other regions may be underrepresented in this review.

Next, this review may have faced a publication bias, as studies might have published positive rather than negative results. This issue is especially important for critically reflecting the associations between interaction quality and children's outcomes.

Finally, studies seldom used the term 'interaction quality' when investigating interactions between parents and children. However, we included only studies that focused on the complex processes between parents and children exploring science together and reasoned that these processes were necessary for children's development in science. This indicates an implicit idea of interaction quality.

RESULTS

Overall, we identified 81 studies focusing on science interactions between parents and children and investigated the interaction quality. We will first provide information about sample demographics and general study information. To answer our research questions, we will then present which categories of interaction quality the studies focused on (RQ1) and how they related to children's outcomes (RQ2). We can only present aggregated results here; for reasons of transparency, detailed information can be found in the Supporting Information (Tables S1–S3).

Sample demographics

Sample demographics are overviewed in [Table 2](#) and [Figure 2](#); details can be found in [Table S1](#). Most of the studies (84%) were from the USA and focused mainly on highly educated (76%) and low-diverse samples (73%, primarily white European-American), with many studies not providing information about sample backgrounds. The numbers of observed families differed widely between the studies, with an average of $N=59.09$ families and a large variance (sample sizes between four and 298). The number of boys and girls observed in the studies did not differ substantially, whereas mothers were more often observed in interactions with their children than fathers in the reviewed studies. Mainly, younger children in preschool or early elementary age were observed in parent–child interactions ($M_{\text{age}}=6.70$ years, $SD=2.04$).

General study information

See [Figure 2](#) and [Table S1](#) for detailed general study information. Most studies used a design with a single observation (72%), but we also identified 21 intervention studies (26%) and two longitudinal studies (2%). Although we did not constrain the publication year, more than half of the reviewed studies (58%) were from the last decade. This might show an increased interest in family interactions about science in the last 10 years. On the other hand, it may signify a growing emphasis on science learning among young children. Considering that the majority of the children involved were of preschool or elementary age, this could elucidate the increased focus on family interactions in scientific contexts, as young children are generally not yet participating in formal educational environments.

The studies mainly focused on interactions in museums, science centres, or zoos/aquariums (60%) but less often on home settings (18%). The reviewed studies observed the families interacting within a wide range of scientific topics about life science (33%) and physical science (48%), or palaeontology (6%). To measure interaction quality, ratings were mainly based on low-inference frequency counts of the studies' operationalisations (89%). Most studies used transcripts or event- and time-sampling of videos (79%), whereas high-inference ratings were rarely seen (1%).

TABLE 2 Sample statistics aggregated over all reviewed studies.

Information	M	SD	Min	Max	N_{NA}
Number of participating families	59.09	53.76	4	298	1
Family composition					
Girls	28.90	23.76	1	113	22
Boys	31.23	28.53	3	185	22
Mothers	37.10	30.75	2	174	33
Fathers	16.69	24.21	0	141	33
Children's mean age (in years)	6.70	2.04	3.41	12.38	28
Children's mean age range					
Youngest child (in years)	4.55	2.21	1	12	7
Oldest child (in years)	9.50	3.27	4	17	7

Note: N_{NA} = number of studies where information was not provided.

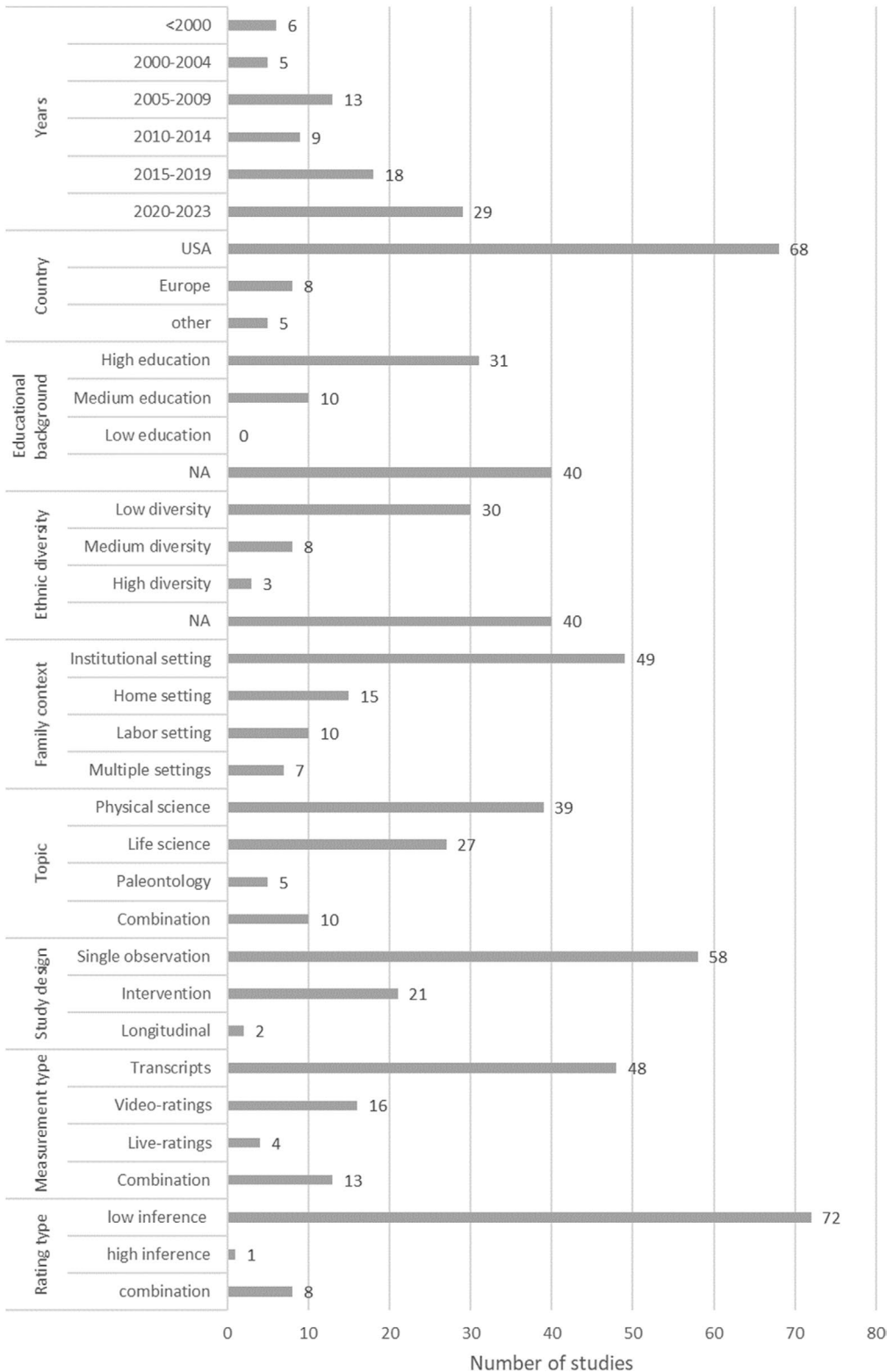


FIGURE 2 General study information and other sample demographics. NA=data not provided.

Which categories of science interaction quality are the focus of research?

During the initial structural coding phase (Saldaña, 2013), we encountered a wide range of labels and terms in operationalisations. These could be grouped into a total of 32 different aspects of interaction quality (see Table S2 for an overview of the operationalisations and their coding within the different aspects). In the second pattern and focus-coding phase (Saldaña, 2013), we reviewed these 32 aspects for frequently occurring themes, similarities, commonalities, and conceptual overlaps to group them into more abstract categories. First, we roughly separated emotional-motivational from cognitive-related aspects of interaction quality. Second, due to the large conceptual diversity in cognitive-related aspects, these were systematised more finely according to the coding rules of Saldaña (2013). This led to four distinct overarching categories of interaction quality: parents' science-specific support, cognitive activation, cognitive support (as cognitive-related aspects), and emotional-motivational support.

In the following, we will elaborate on these categories and their corresponding operationalisations in greater detail. We also offer concise justifications for the categories identified, while the main points are elaborated upon in the discussion section. Table 3 presents an overview of all aspects, including the frequency of their occurrence in the reviewed studies

TABLE 3 Categories of interaction quality with operationalisations.

Category of interaction quality	Operationalisations
Science-specific support (N=66)	Connecting science phenomena to children's personal life/previous experiences (32); science explanations (28); science content talk (e.g. about biological properties of animals/evolution/pollination/magnetism) (22); describing science phenomena (19); inquiry-related talk (e.g. talking about assumptions or observations, suggesting experiments, interpreting results) (17); using and explaining technical language (in the context of children's everyday life) (3); factual appropriateness/correctness (1)
Cognitive activation (N=41)	Asking open-ended questions (28); eliciting ideas and explanations (11); asking closed questions (negative indicator) (8); encourage child to explain thinking (7); eliciting assumptions and predictions (7); posing conflicts to children's existing concepts (2); activating prior knowledge (1); prompting observations (1); encourage to transfer knowledge (1)
Cognitive support (N=26)	Help and assistance (e.g. giving hints and directions, (non)verbal assistance) (17); guidance (e.g. segmenting the interaction phases, reference to important aspects) (7); procedural feedback (e.g. to the child's utterances, mistakes or statements) (7)
Emotional-motivational support (N=33)	<ul style="list-style-type: none"> • Sharing positive emotions (e.g. smiling or laughter) (16); discouragement/frustration/confusion (negative indicators) (7); social conversations (1); facial expression (1) • Child initiative/call for initiative (9); degree of child-centredness (5); parental direction and control (negative indicator) (2); focus on child and child's interests (1) • Positive feedback (e.g. appraisal) (10); time for thinking/waiting time (3)
Math-specific support (N=7)	Talking about numbers/size/shape/spatial orientations (5); counting and enumerating (3); doing (simple) arithmetic (3)
Combination (N=12)	Any combination of the categories

Note: N=Number of studies investigating this category. The frequency of operationalisations across studies is indicated in brackets.

and their associated categories. Notably, more than two-thirds of the studies (68%) examined aspects within several of these categories when assessing parent–child interaction quality.

Science-specific support

Within one category encompassing cognitive-related aspects in parent–child interactions, most studies focused on aspects related to parents' science-specific support (81% of the studies; [Table 3](#)). In this category, we organised aspects of joint parent–child interactions that are unique or closely related to the science domain and have no equivalent in other domains. It was most often operationalised as families linking present science experiences to children's everyday life (Eberbach & Crowley, 2017; Geerdts et al., 2015; Zimmerman et al., 2010), parents providing science-specific explanations to their children (Bae et al., 2023; Crowley et al., 2001; Hohenstein & Tenenbaum, 2022), or parents and children talking about science contents. For example, Eberbach and Crowley (2017) investigated disciplinary talk in a botanical garden that resembled deep conversations about pollination between parents and children. Similarly, other studies investigated the science-specific support parents provide to their children to understand certain phenomena such as biological properties of animals (Geerdts et al., 2015; Labotka et al., 2021), evolution (Hohenstein & Tenenbaum, 2022), or palaeontology (Palmquist & Crowley, 2007). Others investigated the inquiry-related talk between parents and children in joint inquiry activities. This involved talking about observations or simple experiments and interpreting results (Franse et al., 2021; Vandermaas-Peeler et al., 2018). Similar aspects in assessing interaction quality that are specific to a particular domain are also described in numeracy (e.g. focus on counting, comparing sizes and shapes; Ramani et al., 2015; Vandermaas-Peeler et al., 2018) and literacy (e.g. focus on words, letters, writing; Pianta, 2004; Pillinger & Vardy, 2022).

Cognitive activation

In another category, we grouped operationalisations resembling generic cognitive aspects of interaction quality (i.e. aspects that might be essential in other domains as well). These aimed at stimulating children's thinking and enabling families to engage in shared higher-order thinking processes (in 51% of the reviewed studies). We systematised these aspects within an overarching category labelled 'cognitive activation' which was most commonly operationalised as parents asking open-ended questions. Other aspects such as eliciting children's explanations or ideas and assumptions received less attention (Callanan et al., 2017; Ocular et al., 2022; see [Table 3](#) for an overview). Aspects of cognitive activation are highlighted as essential elements in family interactions across all domains (cf. Bustamante et al., 2020; Hammet et al., 2003; Pillinger & Vardy, 2022) and are emphasised in (generic) conceptual frameworks of interaction quality in formal educational contexts as well (Pianta & Hamre, 2009; Praetorius et al., 2018; Senden et al., 2022).

The reviewed studies focused primarily on language-based elements of cognitive activation (e.g. asking questions, eliciting ideas). Many of the studies analysed transcripts, where non-verbal forms of cognitive activation can be challenging to observe. However, it is essential to recognise that other aspects, such as the materials utilised in interactions, can also offer cognitive stimulation and activation. In the science context, this could include elements such as questions presented in books (Leech et al., 2020; Miller-Goldwater et al., 2023), or prompts for experimental interactions (Leech et al., 2023; Morris et al., 2023; Strickler-Eppard et al., 2019). This may play a specific role in engineering and tinkering, meaning that

our findings may be specific to scientific interactions rather than STEM as a whole. Thus, in some science activities, but also in tinkering or engineering, the materials may play a central role, highlighting the importance of considering them in future studies as well.

The rationale to focus on parents' science-specific support as an own category and to separate it from more generic aspects (especially from aspects considered within cognitive activation, such as asking open-ended questions) finds support from previous research: generic aspects are considered important across various domains such as numeracy, literacy, and science (Bustamante et al., 2020; Callanan et al., 2017; Pillinger & Vardy, 2022). These target different areas of children's learning, whereas domain-specific aspects address particular ones (Baron et al., 2023; Mu et al., 2022).

For instance, a meta-analysis from the school context indicated that domain-specific aspects of interaction quality were most important in predicting students' learning in that specific domain, over more generic aspects (Seidel & Shavelson, 2007). Similarly, research in formal educational contexts suggests considering interaction quality in a domain-specific manner (Cerezci, 2020; Kunter & Voss, 2013; Mu et al., 2022) and extending the focus on interaction quality by domain-specific aspects (Praetorius & Charalambous, 2018; Schlesinger & Jentsch, 2016). This makes a distinction from other, more generic aspects reasonable.

Nevertheless, domain-specific support and cognitive activation may overlap in parts (Brunner & Star, 2024; Mu et al., 2022; Schlesinger & Jentsch, 2016). For example, posing cognitive-activating questions in the science context may lead the child to consider prior experiences and knowledge about the discussed scientific phenomenon. This might engage the child in more in-depth discussions about the scientific phenomenon with parents. Therefore, the distinction between science-specific support and cognitive activation may not always be entirely clear-cut. Some of the reviewed studies combined parents' science-specific support and other cognitive-oriented aspects of interaction quality, such as cognitively activating questions, into single operationalisations. Thus, they possibly acknowledged the overlapping mechanisms between these categories. Research in numeracy and literacy also indicates that cognitive activation is essential for children's learning but is complemented by aspects unique to each domain, such as identifying numbers and shapes or letters and words, respectively (Bustamante et al., 2020; Hammet et al., 2003; Pillinger & Vardy, 2022). Studies from the school context emphasise the domain-specific connotations of cognitive activation, highlighting potential differences in this category across various domains (Cohen, 2018; Mu et al., 2022; Schlesinger & Jentsch, 2016). However, it is an open question whether science-specific support and cognitive activation, as proposed in this study, are two separate categories or two facets of a single category of interaction quality. This remains to be empirically investigated (cf. Brunner & Star, 2024). For this review, distinguishing between the two categories seemed reasonable to gain a deeper understanding of the operationalisations used in the studies.

Cognitive support

Within a third category, we grouped aspects of interaction quality related to the support, assistance, and guidance the parents provided for their children. We organised these aspects within a category we refer to as cognitive support. This category was addressed in 32% of the studies. Cognitive support was mostly operationalised as parents offering help and giving hints to the children, or assisting them verbally (e.g. highlighting important features) and nonverbally (e.g. pointing to relevant aspects, placing materials in reach) (Szechter & Carey, 2009; van Schijndel & Raijmakers, 2015; see Table 3). Other operationalisations encompassed how parents guided their children to solve a problem (Crowley et al., 2001; Franse et al., 2020; Hohenstein & Tenenbaum, 2022) or provided

procedural feedback to the statements and/or mistakes of the children (Chandler-Campbell et al., 2020). These aspects of interaction quality are closely associated with the concept of scaffolding. In its original use, scaffolding was described as an interaction between a parent and child in which the parent supports the child by providing the help it needs to move forward (Wood et al., 1976).

As cognitively-activating learning opportunities can be very challenging, cognitive support is often necessary for learners to succeed in complex learning situations that would be out of reach otherwise. Cognitive support is particularly important for younger children with limited working memory capacities (Kirschner et al., 2006) and often little prior knowledge. The behavioural indicators of cognitive activation and cognitive support are not entirely clear-cut. For instance, questions can activate a child's thinking but also help to structure it. The same goes for emphasising important aspects (Reiser, 2004; Verenikina, 2008). However, it is important to acknowledge that cognitive activation and support emerge from different theoretical frameworks (cf. Bell et al., 2009; Callanan & Valle, 2008; Rogoff, 1990; Vygotsky, 1987), and are thought to fulfil distinct functions in children's learning processes (Hamre et al., 2013; Pianta & Hofkens, 2023; Reiser, 2004; van de Pol et al., 2010). Some frameworks of (school) teaching quality also distinguish between both dimensions (Kleickmann et al., 2020; Kunter & Voss, 2013). Besides, research indicates that the two categories are differentially related to children's science learning (Kleickmann et al., 2020). Therefore, differentiating between these categories could facilitate a more nuanced understanding of how parents and children cognitively interact. Further, it may help to identify blind spots in research on science-specific interactions in the family context.

Compared to cognitive activation, cognitive support is addressed less often in the studies of this review. One reason might be that in (everyday) science interactions where parents might have less concrete learning objectives in mind (see Bell et al., 2009), cognitive support may not be a primary focus for parents (or researchers). Several studies refer to the concept of scaffolding in their conceptualisations of interaction quality. However, 'scaffolding' is sometimes used in a broad sense to include various aspects of parent–child interactions (Diaz Maggioli, 2013; van de Pol et al., 2010). Consequently, we categorised some of these studies under cognitive activation rather than cognitive support (Verenikina, 2008).

Nevertheless, even if the reviewed studies paid less attention to aspects we categorised under cognitive support, it appears to be a crucial feature of learning support in the family context. Given its significance (Crowley et al., 2001; Haden, 2010; for formal educational contexts, cf. Hardy et al., 2006; Studhalter et al., 2021), there seems to be a need for future research to explore aspects of parents' cognitive support in science interactions with their children more closely.

Emotional-motivational support

Within the last category, we grouped aspects related to emotional-motivational support in interactions between parents and children, which closely aligns with self-determination (Ryan & Deci, 2000) and attachment theories (La Guardia et al., 2000). Studies focused on aspects such as social relatedness between parents and children, operationalised by sharing positive emotions such as laughing, pleasure, or – as a negative indicator – discomfort, frustration, or distress (Harris & Winterbottom, 2018; Szechter & Carey, 2009). Other studies focused on aspects of parents' competence support, such as providing praise or reinforcement (Chandler-Campbell et al., 2020; Eberbach & Crowley, 2017). Others emphasised aspects of parents' autonomy support, such as focusing on the child's interest, encouraging the child

to take the initiative, and child vs. parent-centred interactions (Eberbach & Crowley, 2017; Vandermaas-Peeler et al., 2019; for an overview, see Table 3).

However, emotional-motivational support received comparatively less attention, with 40% of the studies emphasising aspects of this category. Notably, whereas other categories were often investigated through multiple operationalisations within one study, the majority of studies incorporated parents' emotional-motivational support through only single operationalisations (cf. Table S2). Widely used instruments in general assessments of interaction quality often prioritise aspects of parents' emotional-motivational support (or similar constructs) over cognitive-oriented dimensions (Brito et al., 2014), a trend not observed in the domain of science. The existing gap in research on parents' emotional-motivational support is particularly significant, considering that some parents may prioritise supporting their children's motivation and positive experiences in science interactions over cognitive aspects (cf. Falk & Storksdieck, 2010). Further, as motivational orientations are deemed crucial prerequisites for successful learning (Bardack et al., 2017; Joussemet et al., 2008; Ryan & Deci, 2000), supporting the children's motivation is a key factor in science interactions (cf. Mantzicopoulos et al., 2013).

Combination of categories and unidentified categories

In 15% of the studies, the code combination was applied to operationalisations of interaction quality fitting into more than one of the previously described categories. No discernible pattern emerged as each study presented a unique combination without a consistent pairing of the same two (or more) categories across cases. Most studies focused on combinations between cognitive-oriented aspects of interaction quality as considered in parents' science-specific support, cognitive activation, or cognitive support, but less on combinations with parents' emotional-motivational support. For example, Labotka et al. (2021) operationalised interaction quality through parental questions, explanations, and descriptions of animals in a virtual zoo. Shtulman and Checa (2017), in turn, roughly summed up each utterance that parents or children made in a museum exhibit to evaluate interaction quality.

We cannot rule out that additional categories of interaction quality might be important. For example, in a few studies, we identified math-specific support in science interactions as another important category of interaction quality. It was operationalised as parents and children counting together (e.g. fish in an aquarium), naming numbers (in a science book), doing simple arithmetic, and making comparisons. This was found in seven studies (9%) (Mantzicopoulos et al., 2013; Vandermaas-Peeler et al., 2019). When informally engaging in science interactions, some math-specific (or literacy or other domain-specific) aspects of interaction quality might emerge as well. Perhaps these also contribute to the children's understanding of science phenomena (e.g. counting fish in an aquarium, comparing their shape and size, reading signs in an aquarium). Further, some aspects, such as social pretend play in science interactions (Tenenbaum et al., 2005) or fantasy elaborations and role-play during a science book reading task (Shirefley et al., 2020), could not be clearly assigned to any specific category. Although they were not integrated into the reviewed aspects of interaction quality, they may suggest the existence of potentially unexplored categories of interaction quality in the context of science or, in general, domain-specific learning at home.

How do the categories of interaction quality relate to children's outcomes?

Of the reviewed studies, 35 (43%) investigated the associations between interaction quality and children's cognitive or motivational-affective outcomes or engagement (see Figure 3 for

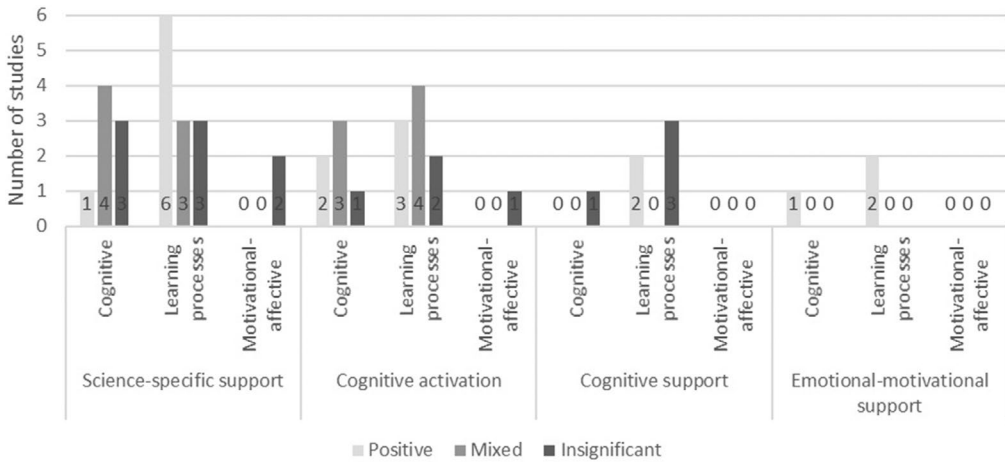


FIGURE 3 Number of studies investigating associations between the four dimensions of interaction quality and children's outcomes and the direction of these associations. Exclusively negative associations were not seen in the reviewed studies and are therefore not listed. Studies that combined dimensions of interaction quality and reported their links to children's outcomes are omitted here ($N=15$ studies; details can be found in [Table S3](#)).

an overview; detailed information about our findings is presented in [Table S3](#)). In total, most studies concentrated on the relationships between children's outcomes and science-specific support or cognitive activation. Notably, this emphasis parallels the research focus in the literacy and numeracy domains (Bustamante et al., 2020; Leseman & van den Boom, 1999; Pillinger & Vardy, 2022; Vandermaas-Peeler et al., 2018). Additionally, the studies analysed cognitive outcomes and children's engagement rather than motivational-affective outcomes. This issue is also mirrored in findings from the numeracy domain (Fiskerstrand, 2022) and should receive more attention in future research (cf. Pattison & Dierking, 2019). To provide a more detailed overview of the relationships between interaction quality and the various outcomes, we will describe below exemplary findings, organised according to the four derived categories of interaction quality.

Nineteen studies (23%) investigated the associations between parents' science-specific support and children's outcomes. The results were mixed, with positive (seven studies), mixed (seven studies), and insignificant associations (eight studies) (note that some studies linked interaction quality to more than one outcome). No exclusively negative results were found. Notably, no specific aspect of parents' science-related support appeared to be particularly linked to children's outcomes. For instance, some studies found that science explanations or content-related talk were positively related to children's science knowledge (Eberbach & Crowley, 2017) or engagement (Borun et al., 1996; Kelly et al., 2022; To et al., 2016). Others did not notice these relationships (Bae et al., 2023; Booth et al., 2020; Szechter & Carey, 2009). Additionally, some studies showed mixed results, indicating that these aspects of science-specific support benefitted one group of children (e.g. only younger children) but not others (Callanan et al., 2017; Valle & Callanan, 2006), or that they were only associated with certain outcomes for children (Fender & Crowley, 2007; Kurkul et al., 2021).

A similar picture emerged for cognitive activation, which was examined in relation to children's outcomes in 13 studies (16%). The results showed positive associations (five studies), mixed results (seven studies), and no associations (four studies). Again, no specific aspect of cognitive activation emerged as particularly impactful for children's learning. For instance, some studies identified positive relationships between asking open-ended questions or eliciting ideas and assumptions with children's cognitive outcomes (Booth et al., 2020;

Leichtman et al., 2017) and engagement (Borun et al., 1996; Leech et al., 2023). Others could not find these relationships (Szechter & Carey, 2009; van Schijndel & Raijmakers, 2015). Mixed relationships were also found, with aspects of cognitive activation being related to younger but not older children's outcomes (Bae et al., 2023; Camilleri et al., 2021), or only to some specific outcomes but not others (Joy et al., 2021; Leichtman et al., 2017).

Five of the reviewed studies (6%) examined the relationship between parents' cognitive support and children's outcomes. Again, the findings were inconsistent, with no specific aspect of cognitive support identified as especially important for children's science learning. While two studies found positive links between cognitive support and children's engagement (Crowley et al., 2001; Fender & Crowley, 2007), others did not (Chandler-Campbell et al., 2020; Szechter & Carey, 2009; van Schijndel & Raijmakers, 2015).

Overall, the relationships between these three categories of interaction quality and children's outcomes or engagement showed an inconsistent picture, and no single category was consistently promotive for the children's learning. Exclusively negative associations were not seen at all. Nevertheless, we cannot rule out a publication bias within the reviewed studies, to such an extent that positive rather than negative results were reported. Notably, the inconsistencies in findings persisted even when individual aspects of interaction quality were examined rather than their overarching categories.

Only two studies (2%) investigated associations between parents' emotional-motivational support and children's outcomes, showing positive relationships: Szechter and Carey (2009) found that parents' expression of positive emotions and sharing positive affects (referred to as affective talk) was positively associated with the time parents and children engaged with each other. Further, Sobel et al. (2021) showed that children were more engaged in science activities and solved more science tasks when they perceived higher levels of autonomy.

The scant emphasis on parents' emotional-motivational support is particularly surprising as parents might provide more support for their children's motivation or similar constructs, such as curiosity or interest, over cognitive-related aspects (Falk & Storksdieck, 2010). Further, science is often perceived as less necessary compared to language and math abilities (Saçkes, 2014; Sonnenschein et al., 2022). Parents may find it less obvious which knowledge or abilities should be fostered compared to abilities such as counting, reading and spelling. Therefore, parents may prioritise fostering their children's motivational orientations in science over their knowledge. However, the research does not reflect the possible emphasis of parents supporting the children's motivational rather than cognitive outcomes.

At last, 15 studies (19%) investigated relationships between children's outcomes and aspects that could be classified within a combination of several categories of interaction quality (see Table S3 for detailed information). Mostly, cognitive-oriented aspects of interaction quality were combined, whereas less attention was given to parents' emotional-motivational support. Again, these findings were mixed, with six positive, six mixed, and eight insignificant relationships found in the reviewed studies. Thus, inconsistencies in these associations were also apparent when studies utilised operationalisations that we had coded as a combination of different categories, suggesting that combining categories may not necessarily be advantageous.

DISCUSSION AND IMPLICATIONS

In total, we reviewed 81 studies on parent–child science interactions. Overall, there has been an increase in the number of studies over the past decade. The studies covered a wide variety of topics in the physical and life sciences. The activities explored ranged from discussions about scientific concepts (Camilleri et al., 2021; Leichtman et al., 2017) to hands-on science experiments (Chandler-Campbell et al., 2020;

Vandermaas-Peeler et al., 2018, 2019), as well as joint explorations of nature outdoors (Eberbach & Crowley, 2017; Zimmerman et al., 2013) and interactions with exhibits (Callanan et al., 2017; Crowley et al., 2001). The studies mostly examined interactions with younger children (six to seven years old on average) in informal settings such as museums, zoos or science centres.

Overarching categories of interaction quality

When examining the quality of interactions between parents and children, many studies focused on specific aspects with varying terminologies across studies. In our effort to systematise the approaches of the reviewed studies, most of these aspects could be organised within four overarching categories of interaction quality: science-specific support, cognitive activation, cognitive support, and emotional-motivational support.

This categorisation is supported by prior research on parent–child interactions in the science context. Some of this research may not have been included in this review (for example, studies utilising a more qualitative approach or not being published in peer-reviewed journals) but proposed similar constructs. For instance, Allen (2002) distinguished between emotional-motivational categories and various domain-specific and generic cognitive categories while examining parent–child interactions in a museum environment. Additionally, Kelly et al. (2024) made distinctions between different domain-specific and generic cognitive categories, analysing them in detail through numerous subthemes (see also Eberbach & Crowley, 2017; Setioko & Ding, 2023; Zimmerman et al., 2010).

Different authors suggest that establishing a clearer conceptual definition of interaction quality could lead to more generalisable findings and enhance our understanding of its relationship with children's outcomes (Burchinal, 2018; Cerezci, 2020; Christ et al., 2022). For a clearer conceptual definition of interaction quality, prior research recommended focusing on several broader categories that are conceptually and theoretically distinguishable (Brito et al., 2014; Mu et al., 2022; Praetorius et al., 2018; Vallotton et al., 2017). Although our categorisation could not reveal completely consistent results (e.g. in its relationships with children's outcomes), the four broader categories identified in this review and suggested by prior work may serve as the foundation for such an endeavour. They may provide a more unified framework for understanding interaction quality and its connections to children's outcomes, supported by both theoretical and (some) empirical evidence. Such a framework may serve as an orientation for future research and guidance in situating one's own findings within the existing literature. We recognise that the examined categories may be too broad for certain research purposes. However, this broader categorisation could also assist studies with a narrower focus in connecting their results to other research and overarching principles of interaction quality.

In addition, while a narrower focus on specific aspects of interaction quality is valid and reasonable, it may not fully capture the complexity of parent–child interactions. These typically involve a broad spectrum of emotional-motivational and cognitive dimensions (Brito et al., 2014; Linberg et al., 2020; Roßbach et al. 2024; Vallotton et al., 2017). Rather than relying on single operationalisations, broader categories might allow for a more comprehensive capture of the complexity in parent–child interactions and a more holistic view of interaction quality. For instance, most studies had a narrower focus on interaction quality utilising low-inference frequency counts of single parental behaviours. Low-inference measures are very objective. However, more holistic assessments with a broader perspective on overarching categories of interaction quality might be more suitable for capturing the intricate dynamics in parent–child interactions and detecting relationships with children's outcomes. Holistic ratings, on the other hand, typically require high-inference interpretations, which come with

challenges of a valid rating (Bardack et al., 2017; Praetorius et al., 2018). Both approaches are essential for the measurement of interaction quality. Currently, there is a notable gap in research with high-inference assessments.

Blind spots in research

Categorising the operationalisations of the studies within broader categories allowed us to determine areas of research focus and open issues. The results suggest limited focus on parents' cognitive and emotional-motivational support, in contrast to cognitive activation and science-specific support. Additionally, most studies paid attention exclusively to single categories of interaction quality. It would also be helpful to examine how the different categories of interaction quality are interconnected. For instance, it is assumed that elements of domain-specific support and cognitive activation may relate to each other, but this relationship is not yet fully understood (Mu et al., 2022; Schlesinger & Jentsch, 2016). Moreover, there is a paucity of research investigating the relationships between interaction quality and children's development, as fewer than half of the studies explored these relationships. This is particularly evident for children's motivational and affective outcomes despite their significance in the development of scientific literacy.

Relationships with children's outcomes

Concerning the relationships between the overarching categories of interaction quality and children's cognitive and motivational-affective outcomes and engagement, the findings in the reviewed studies were inconsistent. None of the overarching categories showed a clear relationship with specific outcomes. This lack of consistency was evident even at the level of specific aspects within the four categories. No particular aspect – such as offering scientific explanations, linking to past experiences, or posing open-ended questions – was consistently found to benefit children's outcomes.

There might be various reasons for the inconsistencies in the findings. First, inconsistent results might be attributed to differences in the studies' approaches (e.g. operationalisation and measure of interaction quality and/or outcome). A similar concern is raised in research from formal contexts, where studies likewise differ in operationalisations and measurements, making it difficult to draw firm conclusions between interaction quality and children's outcomes (Burchinal, 2018; Charalambous et al., 2021; Christ et al., 2022).

Furthermore, the quality of interaction needs to be evaluated in light of how well it aligns with the child's prerequisites such as prior knowledge, experiences or interest (Burchinal, 2018; Gasteiger, 2015; Slim et al., 2022). Currently, less attention is given to how adaptive the learning situation is to the children's prerequisites, which might also explain some of the inconsistencies in findings. In environments, for example, where science phenomena are adapted towards children's individual knowledge and interests, children tend to ask more science-related questions and acquire greater science knowledge (Mantzicopoulos et al., 2013; Samarapungavan et al., 2008). In turn, engaging children in activities beyond or below their zone of proximal development (Vygotsky, 1987) might not foster the development of cognitive or motivational outcomes (Haden, 2010). This might also explain the results from some studies (Camilleri et al., 2021; Valle & Callanan, 2006), indicating that the frequency of open-ended questions or explanations is more related to younger than older children's outcomes. Older children who are already in school and possess greater knowledge may be more inclined to explain things on their own, rather than relying on parents' questions

or explanations (Camilleri et al., 2021; Palmquist & Crowley, 2007). In contrast, younger children might need more frequent open-ended questions to enhance their understanding.

Additionally, the effectiveness of the frequency of explanations or questions may be diminished if children are not given sufficient time to think about them. Consequently, the relationship between the frequency of specific behaviours, such as asking open-ended questions or providing explanations, and the quality of support parents offer to their children may not be linear (Vandermaas-Peeler et al., 2018). Thus, frequency counts of specific behaviours might sometimes not be enough to capture the quality of parent–child interactions, which could help explain some of the inconsistencies in the findings. Focusing on the relationships between children's outcomes and broader categories of interaction quality, rather than solely concentrating narrowly on the frequency of specific elements, could provide valuable new insights.

Besides specific characteristics of the children (e.g. high or low interest, prior knowledge, gender, age), parental characteristics, including their knowledge, interest or attitudes, may also play a role in these interactions (Eberbach & Crowley, 2017; Franse et al., 2020). This might explain some inconsistencies in the results as well. Furthermore, the interactions between parents and children may depend on the setting (e.g. museum or home) (Bell et al., 2009; Siegel et al., 2007; Tenenbaum & Callanan, 2008) or the materials used in interactions (Leech et al., 2020; Miller-Goldwater et al., 2023).

In summary, (a) clear conceptualisations and operationalisations of interaction quality and children's outcomes, (b) the consideration of individual prerequisites of children and parents, and (c) the consideration of the setting and specific activities are key challenges in identifying consistent relationships between interaction quality and children's outcomes that should be addressed in future research.

Further implications

In addition to the key points regarding the overarching categories of interaction quality and their relationships with children's outcomes as discussed above, we have identified several further gaps in the existing research. Most of the studies focused on US-American, highly educated, and low-diverse samples. Previous research indicated that interactions between parents and children are embedded within and shaped by the cultural and social context, reflecting potentially different pathways of how parent–child interactions influence the child's science learning across families and cultures (Falk & Dierking, 2018; Gutiérrez & Rogoff, 2003). However, the primary focus on Western, industrialised societies somewhat restricts our understanding of parent–child interactions in science to a specific subsample of families within a specific cultural context.

This importance of heterogeneous samples is also supported by findings indicating that the family's socioeconomic context relates to their interactions with their children (Bradley & Corwyn, 2002; Sirin, 2005; Zhang et al., 2019). For instance, lower-SES parents might sometimes lack the financial or time resources to engage in science interactions with their children or provide the needed materials (Dominke & Steffensky, 2024; Junge et al., 2021; Zhang et al., 2019). There may also be differences in how parents with varying educational backgrounds interact with their children in science contexts, such as when offering explanations or providing hints and assistance (Tenenbaum et al., 2002; Wang & Degol, 2013; Zady & Portes, 2001). These factors, in turn, might influence the children's science learning (Dominke & Steffensky, 2024; Junge et al., 2021). Consequently, to more accurately consider issues of equity in children's science learning, future studies should also account for families from a wider range of cultural and social backgrounds.

Additionally, the reviewed studies more often focused on mothers interacting with their children, and less attention was given to fathers. With some evidence that mothers and

fathers might vary in their support for their children (Shirefley & Leaper, 2021; Tenenbaum & Leaper, 2003), more emphasis should also be given to the fathers' role in their children's science development.

At last, it is important to point out that the majority of existing studies have focused on informal environments such as museums or science centres. In turn, there has been less emphasis on science learning within home settings. However, the home learning environment is believed to be a significant contributor to children's science education as indicated by quantitative (Bae et al., 2023; Dominke & Steffensky, 2024; Junge et al., 2021) and qualitative/mixed-methods research (Callanan & Oakes, 1992; Luce et al., 2017; Pattison & Dierking, 2019). Thus, future research should prioritise this context. Moreover, while learning in a family context is typically easier to observe in informal settings compared to the home, this could be a limitation, as the home environment is likely to be more prominent for younger children. Observing families in a museum setting may also introduce selection bias, as families from socioeconomically disadvantaged backgrounds may find it challenging to afford the costs or time associated with museum visits. The home setting may provide a more suitable context for observing families from diverse backgrounds than museum settings; however, it remains a known challenge to engage families facing socioeconomic difficulties for participation in studies (Leseman & van den Boom, 1999).

CONCLUSION

Research on parent–child interactions in science is crucial as families are a critical learning context for children in various domains, such as science. Besides the frequency, the quality of interactions between children and parents is essential. This review contributes to this discussion by overviewing four broader categories of parent–child interaction quality in the science context and their associations with children's outcomes. It may serve as guidance for quality assessments in future research in order to compare studies and generate more consistent results.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Henning Dominke: Conceptualization; writing – original draft; methodology; writing – review and editing; formal analysis; investigation. **Mirjam Steffensky:** Conceptualization; writing – original draft; supervision; writing – review and editing; methodology.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Tom Boehnke, Kira Mangels and Rebecca Heyn for their assistance during the literature search and full-text screening. We further would like to thank all the authors of the reviewed articles for their wonderful work. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

FUNDING INFORMATION

The authors received no specific funding for this work.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors report there are no competing interests to declare.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that supports the findings of this study are available in the [Supporting Information](#) of this article.

ETHICS STATEMENT

This systematic review did not involve the collection of primary data from human participants; therefore, ethical approval and informed consent were not required. The review was conducted with a commitment to transparency, objectivity, and academic integrity, and all efforts were made to ensure the accuracy and reliability of the data included.

ORCID

Henning Dominke  <https://orcid.org/0009-0000-5077-6171>

Mirjam Steffensky  <https://orcid.org/0000-0002-7157-6088>

REFERENCES

- Acosta, D. I., Polinsky, N. J., Haden, C. A., & Uttal, D. H. (2021). Whether and how knowledge moderates linkages between parent–child conversations and children's reflections about tinkering in a children's museum. *Journal of Cognition and Development, 22*(2), 226–245. <https://doi.org/10.1080/15248372.2020.1871350>
- Akerson, V. L., Weiland, I., & Fouad, K. E. (2015). Children's ideas about life science concepts. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in early childhood science education*. Springer.
- Allen, S. (2002). Looking for learning in visitor talk: A methodological exploration. In G. Leinhardt, K. Crowley, & K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums* (pp. 59–303). Routledge.
- Alvarez, A., & Booth, A. E. (2016). Exploring individual differences in preschoolers' causal stance. *Developmental Psychology, 52*(3), 411–422. <https://doi.org/10.1037/dev0000085>
- Ash, D. (2003). Dialogic inquiry in life science conversations of family groups in a museum. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(2), 138–162. <https://doi.org/10.1002/tea.10069>
- Bae, J., Shavlik, M., Shatrowsky, C. E., Haden, C. A., & Booth, A. E. (2023). Predicting grade school scientific literacy from aspects of the early home science environment. *Frontiers in Psychology, 14*, 1113196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1113196>
- Bardack, S., Herbers, J. E., & Obradović, J. (2017). Unique contributions of dynamic versus global measures of parent-child interaction quality in predicting school adjustment. *Journal of Family Psychology, 31*(6), 649–658. <https://doi.org/10.1037/fam0000296>
- Baron, F., Linberg, A., & Kuger, S. (2023). Assessing global and math-specific teacher-child interaction quality in early childcare settings: A systematic literature review of instruments used in research. *European Early Childhood Education Research Journal, 31*(4), 640–659. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2154817>
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M. A. (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. The National Academic Press.
- Benjamin, N., Haden, C. A., & Wilkerson, E. (2010). Enhancing building, conversation, and learning through caregiver-child interactions in a children's museum. *Developmental Psychology, 46*(2), 502–515. <https://doi.org/10.1037/a0017822>
- Booth, A. E., Shavlik, M., & Haden, C. A. (2020). Parents' causal talk: Links to children's causal stance and emerging scientific literacy. *Developmental Psychology, 56*(11), 2055–2064. <https://doi.org/10.1037/dev0001108>
- Borun, M., Chambers, M., & Cleghorn, A. (1996). Families are learning in science museums. *Curator: The Museum Journal, 39*(2), 123–138. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.1996.tb01084.x>
- Bradley, R. H., & Corwyn, R. F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology, 53*, 371–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135233>
- Brito, N. H., Ryan, R. M., & Barr, R. (2014). Methods for assessing parent-child interactions in large-scale studies. In O. Saracho (Ed.), *Contemporary perspectives in early childhood education: Vol. 2. Handbook of research methods in early childhood education: Review of research methodologies* (1st ed., pp. 147–189). Information Age Publishing.
- Brunner, E., & Star, J. R. (2024). The quality of mathematics teaching from a mathematics educational perspective: What do we actually know and which questions are still open? *ZDM Mathematics Education, 56*, 775–787. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01600-z>
- Burchinal, M. (2018). Measuring early care and education quality. *Child Development Perspectives, 12*(1), 3–9. <https://doi.org/10.1111/cdep.12260>
- Bustamante, A. S., Schlesinger, M., Begolli, K. N., Golinkoff, R. M., Shahidi, N., Zonji, S., Riesen, C., Evans, N., & Hirsh-Pasek, K. (2020). More than just a game: Transforming social interaction and STEM play with Parkopolis. *Developmental Psychology, 56*(6), 1041–1056. <https://doi.org/10.1037/dev0000923>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association.

- Callanan, M. A., Castañeda, C. L., Luce, M. R., & Martin, J. L. (2017). Family science talk in museums: Predicting Children's engagement from variations in talk and activity. *Child Development, 88*(5), 1492–1504. <https://doi.org/10.1111/cdev.12886>
- Callanan, M. A., & Oakes, L. M. (1992). Preschoolers' questions and parents' explanations: Causal thinking in everyday activity. *Cognitive Development, 7*(2), 213–233. [https://doi.org/10.1016/0885-2014\(92\)90012-G](https://doi.org/10.1016/0885-2014(92)90012-G)
- Callanan, M. A., & Valle, A. (2008). Co-constructing conceptual domains through family conversations and activities. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 49, pp. 147–165). Elsevier Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)00004-2](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)00004-2)
- Camilleri, K. A., Leichtman, M. D., & Pillemer, D. B. (2021). What do you remember about captain Jon's visit? Parent-child conversations and children's memory for a science lesson. *Journal of Experimental Child Psychology, 207*, 105104. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105104>
- Cerezci, B. (2020). Measuring the quality of early mathematics instruction: A review of six measures. *Early Childhood Education Journal, 48*(4), 507–520. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-01013-8>
- Chandler-Campbell, I. L., Leech, K. A., & Corriveau, K. H. (2020). Investigating science together: Inquiry-based training promotes scientific conversations in parent-child interactions. *Frontiers in Psychology, 11*, 1934. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01934>
- Charalambous, C. Y., Praetorius, A.-K., Sammons, P., Walkowiak, T., Jentsch, A., & Kyriakides, L. (2021). Working more collaboratively to better understand teaching and its quality: Challenges faced and possible solutions. *Studies in Educational Evaluation, 71*, 101092. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101092>
- Christ, A. A., Capon-Sieber, V., Grob, U., & Praetorius, A.-K. (2022). Learning processes and their mediating role between teaching quality and student achievement: A systematic review. *Studies in Educational Evaluation, 75*, 101209. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2022.101209>
- Cohen, J. (2018). Practices that cross disciplines? Revisiting explicit instruction in elementary mathematics and English language arts. *Teaching and Teacher Education, 69*, 324–335. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.10.021>
- Crowley, K., Callanan, M. A., Jipson, J. L., Galco, J., Topping, K., & Shrager, J. (2001). Shared scientific thinking in everyday parent-child activity. *Science Education, 85*(6), 712–732. <https://doi.org/10.1002/sce.1035>
- Diaz Maggioli, G. H. (2013). Of metaphors and literalization: Reconceptualizing scaffolding in language teaching. Encounters in theory and history of. *Education, 14*, 133–150. <https://doi.org/10.24908/eoe-ese-rse.v14i0.4719>
- Dixon-Woods, M., Agarwal, S., Jones, D., Young, B., & Sutton, A. (2005). Synthesising qualitative and quantitative evidence: A review of possible methods. *Journal of Health Services Research & Policy, 10*(1), 45–53. <https://doi.org/10.1258/1355819052801804>
- Dominke, H., & Steffensky, M. (2024). The science-specific home learning environment of elementary school children – how are science experiences and science talk associated with the children's science achievement? *Research in Science & Technological Education, 1*–20. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2375512>
- Eberbach, C., & Crowley, K. (2017). From seeing to observing: How parents and children learn to see science in a botanical garden. *Journal of the Learning Sciences, 26*(4), 608–642. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1308867>
- Eshach, H. (2006). *Science literacy in primary schools and pre-schools. Classics in science education: Vol. 1*. Springer.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2018). *Learning from museums* (2nd ed.). Rowman & Littlefield.
- Falk, J. H., & Storksdieck, M. (2010). Science learning in a leisure setting. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(2), 194–212. <https://doi.org/10.1002/tea.20319>
- Fender, J. G., & Crowley, K. (2007). How parent explanation changes what children learn from everyday scientific thinking. *Journal of Applied Developmental Psychology, 28*(3), 189–210. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2007.02.007>
- Fiskerstrand, A. (2022). Literature review – Parent involvement and mathematic outcome. *Educational Research Review, 37*, 100458. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100458>
- Franse, R. K., van Schijndel, T. J. P., Plankman, T. I., & Raijmakers, M. E. J. (2021). Families' experiments and conversations at an open-ended exhibit in a science museum: Individual characteristics and the influence of minimal guidance strategies. *Science Education, 105*(4), 707–742. <https://doi.org/10.1002/sce.21620>
- Franse, R. K., van Schijndel, T. J. P., & Raijmakers, M. E. J. (2020). Parental pre-knowledge enhances guidance during inquiry-based family learning in a museum context: An individual differences perspective. *Frontiers in Psychology, 11*, 1047. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01047>
- Gasteiger, H. (2015). Early mathematics in play situations: Continuity of learning. In B. Perry, A. MacDonald, & A. Gervasoni (Eds.), *Mathematics and transition to school: Early mathematics learning and development* (pp. 255–271). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-287-215-9_16
- Geerds, M. S., van de Walle, G. A., & LoBue, V. (2015). Parent-child conversations about animals in informal learning environments. *Visitor Studies, 18*(1), 39–63. <https://doi.org/10.1080/10645578.2015.1016366>

- Gough, D., & Richardson, M. (2019). Systematic reviews. In P. Brough (Ed.), *Advanced research methods for applied psychology: Design, analysis and reporting* (pp. 63–75). Routledge.
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Gutiérrez, K. D., & Rogoff, B. (2003). Cultural ways of learning: Individual traits or repertoires of practice. *Educational Researcher*, 32(5), 19–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X032005019>
- Gutwill, J. P., & Allen, S. (2010). Facilitating family group inquiry at science museum exhibits. *Science Education*, 94(4), 710–742. <https://doi.org/10.1002/sce.20387>
- Haden, C. A. (2010). Talking about science in museums. *Child Development Perspectives*, 4(1), 62–67. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00119.x>
- Hadzigeorgiou, Y. (2015). Young children's ideas about physical science concepts. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in early childhood science education* (pp. 67–97). Springer.
- Hammet, L. A., van Kleeck, A., & Huberty, C. J. (2003). Patterns of parents' extratextual interactions during book sharing with preschool children: A cluster analysis study. *Reading Research Quarterly*, 38(4), 442–468. <https://doi.org/10.1598/RRQ.38.4.2>
- Hamre, B. K., Pianta, R. C., Downer, J. T., DeCoster, J., Mashburn, A. J., Jones, S. M., Brown, J. L., Cappella, E., Atkins, M., Rivers, S. E., Brackett, M. A., & Hamagami, A. (2013). Teaching through interactions: Testing a developmental framework of teacher effectiveness in over 4,000 classrooms. *The Elementary School Journal*, 113(4), 461–487. <https://doi.org/10.1086/669616>
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307–326. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.307>
- Harris, E., & Winterbottom, M. (2018). 'Why do parrots talk?' Co-investigation as a model for promoting family learning through conversation in a natural history gallery. *Journal of Biological Education*, 52(1), 89–100. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1408934>
- Hightower, B., Sheehan, K. J., Lauricella, A. R., & Wartella, E. (2022). "Maybe we do more science than I had initially thought": How parental efficacy affects preschool-aged children's science and math activities and media use. *Early Childhood Education Journal*, 50(6), 1021–1033. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01231-z>
- Hohenstein, J., & Tenenbaum, H. R. (2022). Family conversations about species change as support for children's developing understandings of evolution. *Science Education*, 107(3), 810–834. <https://doi.org/10.1002/sce.21783>
- Joussemet, M., Landry, R., & Koestner, R. (2008). A self-determination theory perspective on parenting. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, 49(3), 194–200. <https://doi.org/10.1037/a0012754>
- Joy, A., Law, F., McGuire, L., Mathews, C., Hartstone-Rose, A., Winterbottom, M., Rutland, A., Fields, G. E., & Mulvey, K. L. (2021). Understanding parents' roles in Children's learning and engagement in informal science learning sites. *Frontiers in Psychology*, 12, 635839. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.635839>
- Junge, K., Schmerse, D., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H., & Steffensky, M. (2021). How the home learning environment contributes to children's early science knowledge—Associations with parental characteristics and science-related activities. *Early Childhood Research Quarterly*, 56, 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.04.004>
- Kelly, K. R., Maloles, C., George, N., Mokatish, S., & Neves, S. (2024). Talking about "bioluminescence" and "puppies of the ocean": An anti-deficit exploration of how families create and use digital artifacts for informal science learning during and after an aquarium visit. *Science Education*, 108(3), 820–850. <https://doi.org/10.1002/sce.21858>
- Kelly, K. R., Ocular, G., & Austin, A. (2022). Adult-child science language during informal science learning at an aquarium. *The Social Science Journal*, 59(4), 532–542. <https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1727226>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kleickmann, T., Steffensky, M., & Praetorius, A.-K. (2020). Quality of teaching in science education. More than Three Basic Dimensions? *Zeitschrift Für Pädagogik Beiheft, [Journal of Pedagogy, Supplementary Booklet]*, 66, 37–55. <https://doi.org/10.25656/01:25862>
- Kunter, M., & Voss, T. (2013). The model of instructional quality in COACTIV: A multicriteria analysis. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Mathematics teacher education: Vol. 8. Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers* (pp. 97–124). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_6
- Kurkul, K. E., Castine, E., Leech, K., & Corriveau, K. H. (2021). How does a switch work? The relation between adult mechanistic language and children's learning. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 72, 101221. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2020.101221>

- La Guardia, J. G., Ryan, R. M., Couchman, C. E., & Deci, E. L. (2000). Within-person variation in security of attachment: A self-determination theory perspective on attachment, need fulfillment, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(3), 367–384. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.79.3.367>
- Labotka, D., Gelman, S. A., & Jipson, J. L. (2021). Parent-child conversations about animals on a visit to a (virtual) zoo. *Cognitive Development*, 60, 101123. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101123>
- Leech, K. A., Chandler-Campbell, I. L., Alton, J., & Corriveau, K. H. (2023). What would happen if? A comparison of fathers' and mothers' questions to children during a science activity. *Frontiers in Psychology*, 14, 1078994. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1078994>
- Leech, K. A., Haber, A. S., Jalkh, Y., & Corriveau, K. H. (2020). Embedding scientific explanations into storybooks impacts children's scientific discourse and learning. *Frontiers in Psychology*, 11, 1016. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01016>
- Leichtman, M. D., Camilleri, K. A., Pillemer, D. B., Amato-Wierda, C. C., Hogan, J. E., & Dongo, M. D. (2017). Talking after school: Parents' conversational styles and children's memory for a science lesson. *Journal of Experimental Child Psychology*, 156, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.11.002>
- Leseman, P. P., & van den Boom, D. C. (1999). Effects of quantity and quality of home proximal processes on Dutch, Surinamese-Dutch and Turkish-Dutch pre-schoolers' cognitive development. *Infant and Child Development*, 8(1), 19–38. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-7219\(199903\)8:1<19::AID-ICD187>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-7219(199903)8:1<19::AID-ICD187>3.0.CO;2-7)
- Linberg, A., Lehl, S., & Weinert, S. (2020). The early years home learning environment – Associations with parent-child-course attendance and Children's vocabulary at age 3. *Frontiers in Psychology*, 11, 1425. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01425>
- Luce, M. R., Goldman, S., & Vea, T. (2017). Designing for family science explorations anytime, Anywhere. *Science Education*, 101(2), 251–277. <https://doi.org/10.1002/sce.21259>
- Mantzicopoulos, P., Patrick, H., & Samarapungavan, A. (2013). Science literacy in school and home contexts: Kindergarteners' science achievement and motivation. *Cognition and Instruction*, 31(1), 62–119. <https://doi.org/10.1080/07370008.2012.742087>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Miller-Goldwater, H. E., Cronin-Golomb, L. M., Hanft, M. H., & Bauer, P. J. (2023). The influence of books' textual features and caregivers' extratextual talk on children's science learning in the context of shared book reading. *Developmental Psychology*, 59(2), 390–411. <https://doi.org/10.1037/dev0001480>
- Morris, B. J., Zhang, Y., Asaro, K., Cason, J., Pollock, B., St. Clair, K., & Owens, W. (2023). Cooking up STEM: Adding wh-questions to a recipe increases family STEM talk. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 88, 101581. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2023.101581>
- Mu, J., Bayrak, A., & Ufer, S. (2022). Conceptualizing and measuring instructional quality in mathematics education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 7, 1–30. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.994739>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. NAP National Acad. Pr. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Ocular, G., Kelly, K. R., Millan, L., Neves, S., Avila, K., Hsieh, B., & Maloles, C. (2022). Contributions of naturalistic parent-child conversations to children's science learning during informal learning at an aquarium and at home. *Frontiers in Psychology*, 13, 943648. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.943648>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *PISA 2015 results (volume I): Excellence and equity in education*, PISA. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- Pagano, L. C., Haden, C. A., & Uttal, D. H. (2020). Museum program design supports parent-child engineering talk during tinkering and reminiscing. *Journal of Experimental Child Psychology*, 200, 104944. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104944>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Palmquist, S., & Crowley, K. (2007). From teachers to testers: How parents talk to novice and expert children in a natural history museum. *Science Education*, 91(5), 783–804. <https://doi.org/10.1002/sce.20215>
- Patrick, H., & Mantzicopoulos, P. (2015). Young children's motivation for learning science. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in early childhood science education* (pp. 7–34). Springer.
- Pattison, S. A., & Dierking, L. D. (2019). Early childhood science interest development: Variation in interest patterns and parent-child interactions among low-income families. *Science Education*, 103(2), 362–388. <https://doi.org/10.1002/sce.21486>

- Pianta, R. C. (2004). Relationships among children and adults and family literacy. In B. H. Wasik (Ed.), *Handbook of family literacy* (pp. 175–191). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Pianta, R. C., & Hamre, B. K. (2009). Classroom processes and positive youth development: Conceptualizing, measuring, and improving the capacity of interactions between teachers and students. *New Directions for Youth Development*, 2009(121), 33–46. <https://doi.org/10.1002/yd.295>
- Pianta, R. C., & Hofkens, T. (2023). Defining early education quality using CLASS-observed teacher-student interaction. *Frontiers in Psychology*, 14, 1110419. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1110419>
- Pillinger, C., & Vardy, E. J. (2022). The story so far: A systematic review of the dialogic reading literature. *Journal of Research in Reading*, 45(4), 533–548. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12407>
- Pollock, A., & Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke: Official Journal of the International Stroke Society*, 13(2), 138–156. <https://doi.org/10.1177/1747493017743796>
- Praetorius, A.-K., & Charalambous, C. Y. (2018). Classroom observation frameworks for studying instructional quality: Looking back and looking forward. *ZDM*, 50(3), 535–553. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0>
- Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B., & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of three basic dimensions. *ZDM Mathematics Education*, 50(3), 407–426. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4>
- Price, L. H., van Kleeck, A., & Huberty, C. J. (2009). Talk during book sharing between parents and preschool children: A comparison between storybook and expository book conditions. *Reading Research Quarterly*, 44(2), 171–194. <https://doi.org/10.1598/RRQ.44.2.4>
- Ramani, G. B., Rowe, M. L., Eason, S. H., & Leech, K. A. (2015). Math talk during informal learning activities in head start families. *Cognitive Development*, 35, 15–33. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2014.11.002>
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273–304.
- Roßbach, H.-G., Blaurock, S., Grosse, C., Kluczniok, K., Kuger, S., Lehrl, S., & Smidt, W. (2024). Quality of learning environments in early childhood. In S. Weinert, H.-G. Roßbach, J. von Maurice, H.-P. Blossfeld, & C. Artelt (Eds.), *Edition ZfE, Band 16: Educational processes, decisions, and the development of competencies from early preschool age to adolescence. Findings from the BiKS Cohort Panel Studies* (pp. 55–90). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer VS.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford University Press.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *The American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.1.68>
- Saçkes, M. (2014). Parents who want their PreK children to have science learning experiences are outliers. *Early Childhood Research Quarterly*, 29(2), 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2013.11.005>
- Saldaña, J. (2013). *The coding manual for qualitative researchers* (2nd ed.). SAGE Publ.
- Samarapungavan, A., Mantzicopoulos, P., & Patrick, H. (2008). Learning science through inquiry in kindergarten. *Science Education*, 92(5), 868–908. <https://doi.org/10.1002/sce.20275>
- Schlesinger, L., & Jentsch, A. (2016). Theoretical and methodological challenges in measuring instructional quality in mathematics education using classroom observations. *ZDM Mathematics Education*, 48(1–2), 29–40. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0765-0>
- Schmerse, D., Dominke, H., Mohr, J., & Steffensky, M. (2024). Children's understanding of scientific inquiry: The role of instructional support and comparison making. *Journal of Educational Psychology*, 116(2), 233–255. <https://doi.org/10.1037/edu0000836>
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, 77(4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Senden, B., Nilsen, T., & Blömeke, S. (2022). Instructional quality: A review of conceptualizations, measurement approaches, and research findings. In M. Blikstad-Balas, K. Klette, & M. Tengberg (Eds.), *Ways of analyzing teaching quality: Potentials and pitfalls* (pp. 140–172). Scandinavian University Press (Universitetsforlaget). <https://doi.org/10.18261/9788215045054-2021-05>
- Setioko, W., & Ding, L. (2023). Influence of parents' views about science on parent–child science talk at home. *International Journal of Science Education, Part B*, 13(3), 195–215. <https://doi.org/10.1080/21548455.2022.2153094>
- Shirefley, T. A., Castañeda, C. L., Rodriguez-Gutiérrez, J., Callanan, M. A., & Jipson, J. (2020). Science conversations during family book reading with girls and boys in two cultural communities. *Journal of Cognition and Development*, 21(4), 551–572. <https://doi.org/10.1080/15248372.2020.1797750>
- Shirefley, T. A., & Leaper, C. (2021). Mothers' and fathers' science-related talk with daughters and sons while reading life and physical science books. *Frontiers in Psychology*, 12, 813572. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.813572>
- Shtulman, A., & Checa, I. (2017). Parent-child conversations about evolution in the context of an interactive museum display. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 5(1), 27–46.

- Siegel, D. R., Esterly, J., Callanan, M. A., Wright, R., & Navarro, R. (2007). Conversations about science across activities in Mexican-descent families. *International Journal of Science Education*, 29(12), 1447–1466. <https://doi.org/10.1080/09500690701494100>
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75(3), 417–453. <https://doi.org/10.3102/00346543075003417>
- Slim, T., van Schaik, J. E., Dobber, M., Hotze, A. C. G., & Raijmakers, M. E. J. (2022). Struggling or succeeding in science and technology education: Elementary school students' individual differences during inquiry- and design-based learning. *Frontiers in Education*, 7, 1–20. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.842537>
- Sobel, D. M., Letourneau, S. M., Legare, C. H., & Callanan, M. (2021). Relations between parent-child interaction and children's engagement and learning at a museum exhibit about electric circuits. *Developmental Science*, 24(3), e13057. <https://doi.org/10.1111/desc.13057>
- Sonnenschein, S., Gursoy, H., & Stites, M. (2022). Elementary school children's home learning environments: Mathematics, reading, science, and written language. *Education Sciences*, 12(5), 313. <https://doi.org/10.3390/educsci12050313>
- Strickler-Eppard, L., Czerniak, C. M., & Kaderavek, J. (2019). Families' capacity to engage in science inquiry at home through structured activities. *Early Childhood Education Journal*, 47(6), 653–664. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-00958-0>
- Studhalter, U. T., Leuchter, M., Tettenborn, A., Elmer, A., Edelsbrunner, P. A., & Saalbach, H. (2021). Early science learning: The effects of teacher talk. *Learning and Instruction*, 71, 101371. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101371>
- Suter, L. E. (2014). Visiting science museums during middle and high school: A longitudinal analysis of student performance in science. *Science Education*, 98(5), 815–839. <https://doi.org/10.1002/sce.21116>
- Szechter, L. E., & Carey, E. J. (2009). Gravitating toward science: Parent-child interactions at a gravitational-wave observatory. *Science Education*, 93(5), 846–858. <https://doi.org/10.1002/sce.20333>
- Tenenbaum, H. R., & Callanan, M. A. (2008). Parents' science talk to their children in Mexican-descent families residing in the USA. *International Journal of Behavioral Development*, 32(1), 1–12. <https://doi.org/10.1177/0165025407084046>
- Tenenbaum, H. R., Callanan, M. A., Alba-Speyer, C., & Sandoval, L. (2002). The role of educational background, activity, and past experiences in Mexican-descent families' science conversations. *Hispanic Journal of Behavioral Sciences*, 24(2), 225–248. <https://doi.org/10.1177/0739986302024002007>
- Tenenbaum, H. R., & Leaper, C. (2003). Parent-child conversations about science: The socialization of gender inequities? *Developmental Psychology*, 39(1), 34–47. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.39.1.34>
- Tenenbaum, H. R., Snow, C. E., Roach, K. A., & Kurland, B. (2005). Talking and reading science: Longitudinal data on sex differences in mother-child conversations in low-income families. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 26(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.10.004>
- Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 8, 45. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45>
- To, C., Tenenbaum, H. R., & Wormald, D. (2016). What do parents and children talk about at a Natural History Museum? *Curator: The Museum Journal*, 59(4), 369–385. <https://doi.org/10.1111/cura.12174>
- Valle, A., & Callanan, M. (2006). Similarity comparisons and relational analogies in parent-child conversations about science topics. *Merrill-Palmer Quarterly*, 52(1), 96–124.
- Vallotton, C., Mastergeorge, A., Foster, T., Decker, K. B., & Ayoub, C. (2017). Parenting supports for early vocabulary development: Specific effects of sensitivity and stimulation through infancy. *Infancy: The Official Journal of the International Society on Infant Studies*, 22(1), 78–107. <https://doi.org/10.1111/inf.12147>
- van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271–296. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- van Schijndel, T. J. P., & Raijmakers, M. E. J. (2015). Parent explanation and preschoolers' exploratory behavior and learning in a shadow exhibition. *Science Education*, 100(1), 153–178. <https://doi.org/10.1002/sce.21193>
- Vandermaas-Peeler, M., Mischka, M., & Sands, K. (2019). 'What do you notice?' Parent guidance of preschoolers' inquiry in activities at home. *Early Child Development and Care*, 189(2), 220–232. <https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1310724>
- Vandermaas-Peeler, M., Westerberg, L., Fleishman, H., Sands, K., & Mischka, M. (2018). Parental guidance of young children's mathematics and scientific inquiry in games, cooking, and nature activities. *International Journal of Early Years Education*, 26(4), 369–386. <https://doi.org/10.1080/09669760.2018.1481734>
- Verenikina, I. (2008). Vygotsky's socio-cultural theory and the zone of proximal development. In H. Hasan, E. Gould, & I. Verenikina (Eds.), *Information systems and activity theory: Expanding the horizon* (pp. 4–14). University of Wollongong Press.
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and speech. In R. W. Rieber, A. S. Carton, L. S. Vygotsky, & J. S. Bruner (Eds.), *The collected works of L. S. Vygotsky: Vol. 1. Problems of general psychology. Including the volume "thinking and speech"* (pp. 37–285). Plenum Press.

- Wang, M.-T., & Degol, J. (2013). Motivational pathways to STEM career choices: Using expectancy-value perspective to understand individual and gender differences in STEM Fields. *Developmental Review*, 33(4), 304–340. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.08.001>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Zady, M. F., & Portes, P. R. (2001). When low-SES parents cannot assist their children in solving science problems. *Journal of Education for Students Placed at Risk (JESPAR)*, 6(3), 215–229. https://doi.org/10.1207/S15327671ESPR0603_4
- Zhang, X., Hu, B. Y., Ren, L., & Zhang, L. (2019). Family socioeconomic status and Chinese children's early academic development: Examining child-level mechanisms. *Contemporary Educational Psychology*, 59, 101792. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101792>
- Zimmerman, H. T., McClain, L. R., & Crowl, M. (2013). Understanding how families use magnifiers during nature center walks. *Research in Science Education*, 43(5), 1917–1938. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9334-x>
- Zimmerman, H. T., Reeve, S., & Bell, P. (2010). Family sense-making practices in science center conversations. *Science Education*, 94(3), 478–505. <https://doi.org/10.1002/sce.20374>

SUPPORTING INFORMATION

Additional supporting information can be found online in the Supporting Information section at the end of this article.

How to cite this article: Dominke, H., & Steffensky, M. (2025). The quality of parent–child interactions in science and associations with children's science learning: A systematic review. *Review of Education*, 13, e70067. <https://doi.org/10.1002/rev3.70067>

6. Studie 3

The Quality of Interactions in the Home Science Environment and Associations with Children's Science Learning

Referenz:

Dominke, H., Barenthien, J., Oppermann, E., Burghardt, L., & Steffensky, M. (2025). The Quality of Interactions in the Home Science Environment and Associations With Children's Science Learning. *Science Education*, 109(5), 1365–1383. <https://doi.org/10.1002/sce.21964>

Der im Folgenden abgedruckte Beitrag wurde unter der Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) veröffentlicht und darf unter Namensnennung frei genutzt, vervielfältigt und verbreitet werden. Änderungen am Originalbeitrag wurden nicht vorgenommen.



RESEARCH ARTICLE OPEN ACCESS

The Quality of Interactions in the Home Science Environment and Associations With Children's Science Learning

Henning Dominke¹ | Julia Barenthien¹ | Elisa Oppermann² | Lars Burghardt³ | Mirjam Steffensky¹ ¹Faculty of Education, University of Hamburg, Hamburg, Germany | ²Department of Early Childhood Education, Leipzig University, Leipzig, Germany | ³Department of Social Work, Hamburg University of Applied Science, Hamburg, Germany**Correspondence:** Henning Dominke (henning.dominke@uni-hamburg.de)**Received:** 20 June 2024 | **Revised:** 7 February 2025 | **Accepted:** 10 February 2025**Funding:** Data concerning children interviews and parent surveys were collected within the project NaQua-K, funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation), grant 432662741.**Keywords:** engagement | home learning environment | parent-child interactions | science knowledge | science motivation

ABSTRACT

From early on, families play a critical role in fostering their children's science development, particularly through shared interactions in the home science environment (HSE). The quality of these interactions is deemed pivotal for children's science learning. However, there is limited understanding regarding the quality of interactions between parents and children when exploring science together and how these interactions relate to children's science knowledge, motivation, and engagement. This study seeks to bridge these gaps by thoroughly investigating interaction quality in the context of shared book reading about an age-appropriate science topic among 61 parent-child pairs, taking a global perspective by focusing on three broader generic and domain-specific dimensions of interaction quality. The findings revealed that parents provided high-quality emotional-motivational but limited cognitive and science-specific support, varying greatly among families. Furthermore, parents' cognitive and science-specific support were associated with children's science knowledge. Emotional-motivational support was closely linked to children's engagement in science in the observed situation. However, relationships with children's science motivation exhibited mixed findings, with some positive associations observed with their enjoyment but no associations with their self-efficacy in science. These insights shed light on the role of interaction quality in the HSE, and which types of parental support are critical in shaping children's science learning. Future research could prioritize a more comprehensive investigation of interaction quality in the HSE to enhance the understanding of interaction quality and its impact on children's science development, potentially extending beyond the HSE to other pertinent contexts.

From an early age, exposure to science plays a crucial role in children's science development (Eshach 2006; Organisation for Economic Co-operation and Development 2016). In addition to preschools, the home science environment (HSE) is a context where young children encounter everyday science experiences and learn about science (Dominke and Steffensky 2024; Junge et al. 2021; Mantzicopoulos et al. 2013; Pattison and

Dierking 2019). Children engage in various science-related interactions together with their parents, such as shared science book reading, gardening, or cooking (Silander et al. 2018). The quality of those interactions is assumed to play an important role in children's development of science knowledge, motivation, and their engagement in science (Bae et al. 2023; Booth et al. 2020; Mantzicopoulos et al. 2013).

This is an open access article under the terms of the [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2025 The Author(s). *Science Education* published by Wiley Periodicals LLC.

However, in the science domain, less attention is given to parent-child interactions, with more studies focusing on numeracy and literacy-related interactions within the family context (e.g., Bustamante et al. 2020; Fiskerstrand 2022; Pillinger and Vardy 2022). Moreover, it is unclear if evidence from other domains is transferrable to science. For instance, parents may find literacy and numeracy-related interactions, such as writing, spelling, counting, or calculating, to be more obvious and concrete, whereas science interactions may be often more topic-specific and less tangible (e.g., talking about the solar system, dinosaurs, plant/animal growth; Silander et al. 2018; Sonnenschein et al. 2022). Further, due to unfavorable experiences in school or common beliefs of science as a “difficult” subject, some parents might prioritize other domains over science or perceive science as too challenging for young children (Saçkes 2014; Sonnenschein et al. 2022). This suggests potential differences in interactions with their children across the domains. Thus, there is limited understanding of how parents and children engage in science and what constitutes high-quality interactions in the HSE. Certain parental behaviors such as asking open-ended questions or assisting the child’s learning account for high-quality interactions and are of great importance for the child’s science learning and engagement (Bae et al. 2023; Haden 2010). However, when examining interaction quality in the HSE and its relationship with children’s learning, research has often focused on specific parental behaviors such as explaining or questioning about science phenomena (cf. Callanan et al. 2017; Eberbach and Crowley 2017; Franse et al. 2020), with a tendency to pay limited attention to emotional-motivational aspects of parent-child interactions. Given that interaction quality is a highly complex construct, shifting the focus from specific aspects to a more global perspective on broader dimensions—including the parents’ emotional-motivational, cognitive, and science-specific support—could provide new insights in interaction quality in the HSE, and its associations with children’s science learning.

Therefore, this study aimed to investigate interaction quality in parent-child science interactions along a concise set of two broader generic (emotional-motivational and cognitive) and one science-specific dimension. For this, we analyzed shared book reading as a naturally occurring interaction in the family context embedded in an age-appropriate science topic (the four seasons). Additionally, this study explored the relationship between interaction quality and five child measures, which include children’s science knowledge, science motivation (comprising their enjoyment and self-efficacy in science), and their engagement (covering both the intensity and duration of their engagement in the interactions with their parents).

This article begins with a review of recent research on children’s development of scientific literacy, including their science knowledge, inquiry skills, and motivation, and examines its links to children’s engagement. It then investigates the role of the HSE in supporting children’s science learning, placing particular emphasis on the importance of parent-child interactions. Following this, we describe the conceptual framework of interaction quality that underpins our research and present empirical findings, along with existing studies on its relationship with children’s science knowledge, motivation, and engagement.

1 | Young Children’s Development of Scientific Literacy

Science learning is widely recognized as a critical aspect of young children’s development and is often perceived as a key factor to navigate successfully in modern day societies (Anders et al. 2018; Eshach 2006). It has received growing attention for early years education and has been shown to positively influence children’s later science achievement (Blums et al. 2017; Morgan et al. 2016; Saçkes et al. 2011) and career choices (DeWitt and Archer 2015; Wang and Degol 2013). For instance, science learning has become a pivotal aspect of early preschool education (Anders et al. 2018; French 2004; Mantzicopoulos et al. 2013) and is also highlighted as a crucial aspect in informal learning environments such as the HSE (Bae et al. 2023; Booth et al. 2020; Haden 2010). Early science learning in both preschool and HSE typically refers to the development of children’s scientific literacy, including their science knowledge, inquiry skills, and science motivation (Bae et al. 2023; Eshach 2006; Mantzicopoulos et al. 2013; Organisation for Economic Co-operation and Development 2016). These are thought to be mediated by the engagement that children experience in science interactions in these settings (Barriault and Pearson 2010; Rennie and Howitt 2020).

1.1 | Children’s Development of Science Knowledge and Inquiry Skills

The development of scientific literacy is a lifelong process that commences in early childhood. As early as preschool age, children regularly encounter science phenomena and display natural motivation to explore them (Eshach 2006; French 2004; Patrick and Mantzicopoulos 2015). They have experiences with phenomena from physical (e.g., light and shadow, rainbow formation, floating and sinking) and life science (e.g., animal and plant growth, pollination, butterfly evolution) (Anders et al. 2018; Eshach 2006; Trundle and Saçkes 2015), forming initial knowledge that provides a foundation for subsequent learning experiences (Anders et al. 2018). While younger children can grasp simpler connections (e.g., ‘ice cubes melt because the sun is hot’), more complex science concepts may remain challenging due to children’s limited prior knowledge. For instance, instead of comprehending buoyancy principles, children typically determine which objects float and sink based on their materials (Leuchter et al. 2014). At 5 years of age, they reason about shadow formation based on object size, and with increasing age, also consider distance from the light source (Ebersbach and Resing 2007). Children as young as three to five years old can distinguish between the growth of living and nonliving objects (Jipson and Callanan 2003; Opfer and Gelman 2011). Though their conceptions may initially be fragmented, through the integration of new concepts and restructuring processes over time, these pre-concepts provide an important foundation for later, more elaborated concepts (DiSessa 2002). Additionally, preschool-aged children develop initial inquiry skills (Bullock et al. 2009; Mantzicopoulos et al. 2013; Schmerse et al. 2024), such as deciding between a conclusive and an inconclusive experiment to test their hypotheses (Bullock et al. 2009; Piekny et al. 2014), which are

essential to gain new science knowledge (Mantzicopoulos et al. 2013).

Notably, their everyday science experiences significantly contribute to their initial science knowledge and inquiry skills. However, intervention studies mainly from the preschool context emphasize that young children need appropriate support and assistance from adults during these experiences to develop science knowledge and inquiry skills successfully and that high-quality interactions are particularly conducive to their science learning (Leuchter et al. 2014; Mantzicopoulos et al. 2013; Schmerse et al. 2024).

1.2 | Children's Development of Science Motivation

In addition to science knowledge and inquiry skills, children's motivational beliefs regarding science are crucial for their science learning (Anders et al. 2018; Mantzicopoulos et al. 2013; Patrick et al. 2009). Despite this, research on children's science motivation is comparably rare (cf. Oppermann et al. 2019). Drawing from the expectancy-value theory (Eccles and Wigfield 2020), young children's domain-specific motivation is assumed to be two-dimensional and consist of (1) outcome expectancies, i.e., individual's beliefs about success in a specific task, which are conceptually closely related to their self-efficacy beliefs (Bandura 1977), and (2) children's intrinsic value, i.e. their enjoyment of engaging in a particular task (cf. Oppermann et al. 2017; Patrick et al. 2009).

Children's domain-specific motivation, such as their enjoyment and self-efficacy in science, are prerequisites for effective learning (Eccles and Wigfield 2020; Ryan and Deci 2000) and are closely related to children's achievement and engagement in that specific domain (Eccles and Wigfield 2020; Mantzicopoulos et al. 2013; Patrick and Mantzicopoulos 2015). Further, preschool-aged children generally exhibit high levels of science motivation such as strong self-efficacy and enjoyment in science (Oppermann et al. 2019; Sonnenschein et al. 2022). However, several studies reported a decline of children's science motivation as they get older (Krapp and Prenzel 2011; Patrick and Mantzicopoulos 2015; Steidtmann et al. 2023). Given that early science motivation has been shown to be critical for subsequent motivational beliefs (J. M. Alexander et al. 2012; Leibham et al. 2013) and children's science achievement (Leibham et al. 2013), this emphasizes the need to foster the children's science motivation already at an early age.

Positive science experiences in daily life are known to be favorable for children's science motivation such as their enjoyment and self-efficacy in science (Oppermann et al. 2017; Patrick and Mantzicopoulos 2015), which are particularly enhanced in high-quality interactions with an adult providing adequate support and assistance (Patrick et al. 2009; Pattison and Dierking 2019).

2 | Children's Engagement in Science Interactions

Children's engagement in science interactions with their parents is considered a key factor for their science learning,

eventually leading to the development of science knowledge and motivation (Barriault and Pearson 2010; Reeve and Tseng 2011; Rennie and Howitt 2020). Children's engagement is understood, with widely varying conceptualizations, as a meta-construct broadly combining multiple constructs alongside emotional (e.g., positive affects), behavioral (e.g., time-on-task, persistence), and cognitive as well as agentic (e.g., willingness to engage in thinking processes, participation in verbal discussions, hands-on activities) dimensions of engagement (Fredricks et al. 2004; Reeve and Tseng 2011).

In the HSE, some studies focused on children's time-on-task as a rough indicator of children's (behavioral) engagement (e.g., Szechter and Carey 2009; To et al. 2016). However, others emphasized that focusing on the duration of interactions is not sufficient to capture the intensity of children's engagement and focused on different levels of children's (emotional, agentic, and cognitive) engagement instead. These include the intensity of positive emotions and hands-on exploratory behaviors (Barriault and Pearson 2010; Rennie and Howitt 2020; van Schijndel and Raijmakers 2015), or children's verbal engagement in discussions with their parents, such as explaining, asking questions, or connecting to previous experiences (cf. Callanan et al. 2017; Chandler-Campbell et al. 2020; Kelly et al. 2022).

Notably, while children generally are highly engaged in science interactions, their engagement tends to be even longer when they are accompanied by their parents (Crowley et al. 2001; To et al. 2016). When supported by their parents, they also engage in more discussions (Callanan et al. 2017; Kelly et al. 2022) and make more observations (Joy et al. 2021). This suggests that interactions with a parent may play a significant role in enhancing children's engagement with science.

3 | Children's Science Learning in the Home Science Environment

Children's home learning environment is assumed to be critical for their early and later development (Melhuish et al. 2008; Niklas and Schneider 2017; Sammons et al. 2015). Based on the bioecological theory (Bronfenbrenner and Morris 2006), the home learning environment is often conceptualized as an interplay between distal and proximal factors influencing children's learning (Kluczniok et al. 2013; Niklas and Schneider 2017). According to this, distal factors such as family socioeconomic status (SES) or parents' educational beliefs and attitudes do not directly influence children's learning but may do so indirectly via parent-child interactions. In turn, the interactions between parent and child exhibit a proximal influence on the children's learning and play a key role in the children's development (Kluczniok et al. 2013; Niklas and Schneider 2017). Specifically, parent-child interactions in the HSE are a critical and proximal factor for children's science learning (Bell et al. 2009; Dominke and Steffensky 2024; Junge et al. 2021; Pattison and Dierking 2019), such as their science knowledge and motivation (Booth et al. 2020; Mantzicopoulos et al. 2013; Pattison and Dierking 2019), as well as their engagement in science interactions (Callanan et al. 2017; van Schijndel and Raijmakers 2015). To provide a clearer overview, these relationships are schematically depicted in Figure 1.

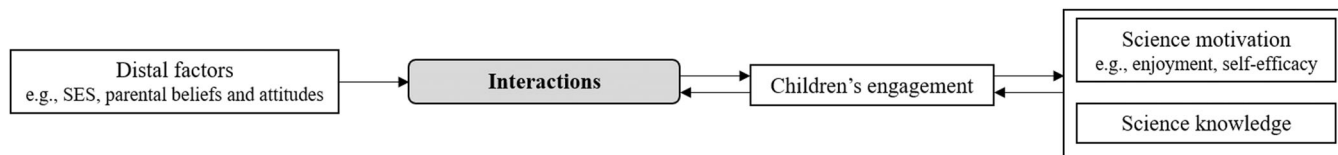


FIGURE 1 | Schematic overview of the Home Science Environment and the relationships between its various factors.

Parents and children have numerous opportunities to interact about science. For instance, they can share science-related books, allowing children to talk about various science topics and enhance their understanding (Mantzicopoulos et al. 2013; Miller-Goldwater et al. 2023; Shirefley et al. 2020). While book reading primarily emphasizes verbal exchanges about science, other activities enable parents and children to participate in hands-on, minds-on interactions. In these activities, children manipulate materials while parents facilitate their science learning through inquiry-based interactions, for example, by encouraging observations, generating hypotheses, or making comparisons. Such interactions can occur during home experimentation (Solis and Callanan 2021; Vandermaas-Peeler et al. 2019), in the context of museums or science centers (Franse et al. 2021; van Schijndel and Raijmakers 2015; Zimmerman et al. 2010), or during field trips and nature explorations (Eberbach and Crowley 2017; Luce et al. 2017; Vandermaas-Peeler et al. 2019).

Unlike in more formal educational contexts, joint science experiences in the family context may sometimes occur more incidentally, for instance, when experimenting with soap while washing the dishes or discussing science topics during shared book reading (Bell et al. 2009). The frequency of such parent-child interactions in the HSE has been shown to be important for children's science knowledge, motivation, and engagement (Bae et al. 2023; Dominke and Steffensky 2024; Junge et al. 2021). However, the quality of parent-child interactions in the HSE is likewise considered crucial.

4 | Interaction Quality in the Home Science Environment

This study frames parent-child interactions within cognitive constructivist and socio-cultural learning theories (cf. Bell et al. 2009; for a critical discussion of combining both approaches, see Callanan and Valle 2008; see Piaget 1973; Rogoff 1990; Vygotsky 1987; Wellman and Gelman 1992). Accordingly, during science interactions in the HSE, children are seen as active learners engaging together with their parents and co-constructing knowledge, eventually influencing their science learning (Bell et al. 2009; Luce et al. 2017; Pattison and Dierking 2019). Parent-child interactions in science are shaped by the emotional and cognitive prerequisites of parents and children (Bell et al. 2009; Brito et al. 2014), such as their prior knowledge (Eberbach and Crowley 2017; Franse et al. 2020; Palmquist and Crowley 2007) and motivation (Szechter and Carey 2009; Tare et al. 2011). Other individual characteristics, such as children's age and gender might influence these interactions as well (Camilleri et al. 2021; Tenenbaum and Leaper 2003). Parents thereby are essential in supporting their children's science learning during these shared interactions by

providing various types of support that involve, for example, sensitively responding to cues, offering assistance, and fostering collaborative cognitive processes (Ash 2003; Bell et al. 2009; Crowley et al. 2001; Luce et al. 2017; Pattison and Dierking 2019; Tscholl and Lindgren 2016). Thus, the quality of parent-child interactions is shaped by the depth and frequency of, for example, joint scientific dialogues, co-constructive episodes of learning, as well as the various types of support the parents provide their children during these shared learning experiences (Brito et al. 2014; Callanan et al. 2017; Eberbach and Crowley 2017; Haden 2010).

4.1 | Conceptualization of Interaction Quality

In alignment with quantitative research in (pre)school (Mu et al. 2022; Pianta and Hofkens 2023) and family contexts (Brito et al. 2014; Linberg et al. 2020; Roßbach et al. 2024; Vallotton et al. 2017), parent-child interaction quality is sometimes conceptualized through a concise set of overarching, broader, and theoretically discernable dimensions. For instance, research on assessing interaction quality in the family context often differentiates between two dimensions comprising parents' *emotional-motivational* and *cognitive support* (Brito et al. 2014; Linberg et al. 2020; Vallotton et al. 2017; with varying labels and conceptualizations used in the studies), which will be detailed out below.

Parents' emotional-motivational and cognitive support primarily address generic aspects of interaction quality. Generic aspects (such as asking open-ended questions, assisting children's learning, responding sensitively to children's cues) are important for children's learning across various domains, including literacy, numeracy, and science (Bustamante et al. 2020; Hammett et al. 2003; Pillinger and Vardy 2022; Price et al. 2009). In contrast, domain-specific aspects are unique or closely related to the respective domain, such as—in the science domain—parental explanations, connections to previous experiences or knowledge, or content-related talk (Callanan et al. 2017; Eberbach and Crowley 2017). While some generic aspects can be very engaging for children, they may not always target science learning (e.g., parent asks open-ended questions aiming at counting fish in an aquarium, or reading labels). To address children's science learning more specifically, they need to be complemented by science-specific aspects (Baron et al. 2023; Seidel and Shavelson 2007).

Although there may be some overlaps between generic and science-specific aspects (Mu et al. 2022; Schlesinger and Jentsch 2016), research in both formal education (Praetorius and Charalambous 2018; Schlesinger and Jentsch 2016) but also the family context (Roßbach et al. 2024) highlights the importance of examining generic and domain-specific dimensions

simultaneously when assessing interaction quality. Further, a meta-analysis from the school context revealed that domain-specific aspects of interaction quality had a greater impact on students' science learning than generic aspects (Seidel and Shavelson 2007). Thus, in addition to a focus on more generic dimensions such as parents' emotional or cognitive support, it seems important to consider parents' *science-specific support* as another distinct dimension of interaction quality in the science context, recognizing the unique contribution it can make to children's science learning.

In contrast to focusing on broader, overarching dimensions—such as the emotional-motivational, cognitive, and science-specific support – previous research on parent-child interactions in the HSE has often centered on specific aspects of interaction quality, such as parents' questioning and explaining of scientific phenomena (e.g., Alvarez and Booth 2016; Bae et al. 2023; Callanan et al. 2017). Varied sets of operationalizations were employed across studies (e.g., Booth et al. 2020; Callanan et al. 2017; Eberbach and Crowley 2017; Franse et al. 2021; Miller-Goldwater et al. 2023)—although emotional-motivational aspects of parent-child interactions were currently less focused on. While this approach is clearly valid, interaction quality is a highly complex construct, and a global perspective shifting the focus from specific aspects to broader dimensions of interaction quality could provide new insights in parent-child interactions.

Accordingly, this study conceptualizes interaction quality through three overarching dimensions; parents' emotional-motivational, cognitive, and science-specific support. Each dimension, in turn, encompasses unique facets of interaction quality, hypothesized to interactively foster children's cognitive and social development (cf. Brito et al. 2014; Linberg et al. 2020; Pianta and Hofkens 2023). In the following, we will provide deeper theoretical insights in these dimensions and their corresponding facets of interaction quality. As a structuring guidance for the following sections, this conceptualization is schematically depicted in Figure 2.

Parents' emotional-motivational support (or related constructs) is often highlighted as one important generic dimension of interaction quality (Brito et al. 2014; Linberg et al. 2020; Pianta and Hofkens 2023) and is widely recognized as the catalyst and driver for successful learning experiences, as children's well-being and motivation provide a basis to engage in cognitive learning experiences (Eccles and Wigfield 2020; Pianta and Hofkens 2023; Ryan and Deci 2000). One approach to conceptualizing parental emotional-motivational support is through self-determination and attachment theories (La Guardia et al. 2000; Ryan and Deci 2000). According to these, three facets emerge as pivotal for high-quality emotional-motivational

support: *social relatedness* (e.g., warmth of interactions, shared emotions, sensitivity to children's cues), *autonomy* (e.g., self-initiative, child-directiveness) and *competence* (e.g., through positive feedback, use of waiting-time). The importance of fulfilling the needs for social relatedness, autonomy, and competence is also highlighted by evidence from the family context that suggests close relationships with children's social and academic development (Bardack et al. 2017; Joussemet et al. 2008).

A second quality dimension often highlighted as pivotal in parent-child interactions comprises generic elements aiming at children's cognitive development, which we refer to as cognitive support (sometimes also referred to as cognitive stimulation; cf. Brito et al. 2014; Linberg et al. 2020; Vallotton et al. 2017). Through a constructivist and socio-cultural lens, children are actively engaged in thinking processes, and parents support their children's thinking through suitable and age-appropriate stimuli, such that families can get jointly involved in shared cognitive thinking processes over the course of science interactions (Ash 2003; Bell et al. 2009; Callanan and Valle 2008; Crowley et al. 2001; Luce et al. 2017; Pattison and Dierking 2019). Accordingly, one facet of cognitive support may comprise the potential for *cognitive activation*, through which children can actively engage in higher-order-thinking processes and shared inquiry processes with their parents. This is often supported through parents' cognitively activating actions such as posing open-ended questions, leveraging prior knowledge, and eliciting explanations or assumptions from the children, which were found to be related to the children's science learning and engagement (cf. Callanan et al. 2017; Mantzicopoulos et al. 2013; van Schijndel and Raijmakers 2015). Closely connected with this, another facet of cognitive support involves the *scaffolding* provided by parents: Especially in highly cognitively activating situations, children are sometimes in need of adequate guidance and assistance by their parents that they would not succeed without (Vygotsky 1987). The concept of scaffolding (Wood et al. 1976) is particularly important for younger children with limited capacities of working memory (Kirschner et al. 2006). Scaffolding involves various aspects, including parents' provision of (non)verbal assistance, guidance, or feedback loops to support children in their zone of proximal development (Vygotsky 1987), which were shown to be promotive for the children's science learning (Crowley et al. 2001; Haden 2010; Short-Meyerson et al. 2016; Tscholl and Lindgren 2016). Moreover, both intertwined facets of cognitive support align closely with elements for children's language building (Hammett et al. 2003; Linberg et al. 2020; Pillinger and Vardy 2022; Price et al. 2009). Especially for young children, fostering their language plays an essential role in their cognitive functioning (Pillinger and Vardy 2022; Vygotsky 1987) and is connected to children's language and general cognitive development (Callanan and Valle 2008; Leseman and van den

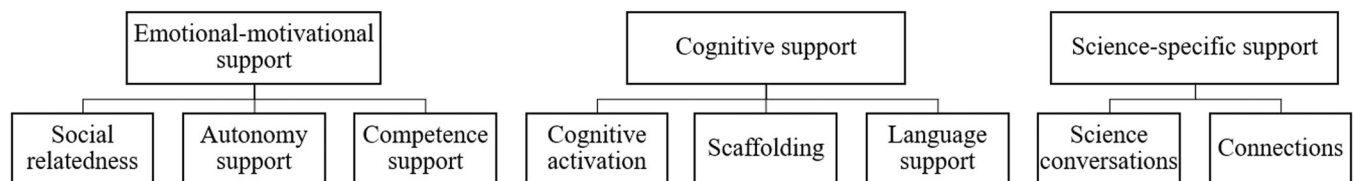


FIGURE 2 | Conceptualization of interaction quality.

Boom 1999; Pillinger and Vardy 2022). Therefore, parents' *language support* may emerge as another crucial facet of cognitive support.

Another dimension comprises parents' science-specific support in the interaction with their children. According to prior research, facets of science-specific support may encompass the depth and duration of parent-child *science conversations* that delve deep into the concepts of science phenomena (cf. Eberbach and Crowley 2017; Labotka et al. 2021), such as the discussions, sustained examinations of science phenomena, or the age-related and factual appropriateness of explanations of science phenomena to the child (cf. Callanan et al. 2017; Crowley et al. 2001; Kurkul et al. 2021; Luce et al. 2017), or *connections* of science phenomena to children's prior experiences and everyday life (cf. Callanan et al. 2017; Shirefley et al. 2020). Several studies from the family context highlighted these facets of science-specific support as critical for children's science learning (Callanan et al. 2017; Eberbach and Crowley 2017; Haden 2010), suggesting their importance for parent-child interaction quality.

4.2 | Empirical Research on Interaction Quality in the Home Science Environment

Some studies indicated that parents provided high emotional-motivational support in science interactions, characterized by positive-affiliated emotions and low negativity (Bardack et al. 2017; Pattison and Dierking 2019; van Schijndel and Rajmakers 2015). However, some variability was observed across families regarding children's autonomy and competence, such as child-centeredness in science interactions (Pattison and Dierking 2019; Siegel et al. 2007; Solis and Callanan 2021), or amount of parents' praise and encouragement (Eberbach and Crowley 2017; Short-Meyerson et al. 2016; Sobel et al. 2021). Nonetheless, much of the research focused less on parents' emotional-motivational support (or related constructs) than on cognitive aspects of parent-child interaction quality in science (e.g., Eberbach and Crowley 2017; Palmquist and Crowley 2007; Szechter and Carey 2009). This oversight is unexpected, considering that many families might emphasize emotional and motivational elements in interactions with their children over cognitive ones (cf. Falk and Storksdieck 2010).

Regarding aspects of interaction quality related to parents' cognitive and science-specific support, previous research showed that parents use various actions to support their children's learning in science interactions such as asking open-ended questions (Ash 2003; Callanan et al. 2017; Eberbach and Crowley 2017; Luce et al. 2017), explaining (Crowley et al. 2001; Szechter and Carey 2009), or engaging in joint inquiry processes (Luce et al. 2017; Vandermaas-Peeler et al. 2019). However, some studies have noted parents are not continuously engaged (Eberbach and Crowley 2017; Palmquist and Crowley 2007) or emphasized that parents occasionally need stimuli (like suggestions for topics or questions they could ask) to engage in these interactions (Eberbach and Crowley 2017; Luce et al. 2017; Raynal et al. 2022). Several reasons may underlie this phenomenon: whereas parents may clearly identify concrete learning objectives like writing and spelling, or counting

and calculating, science encompasses a wide range of topics (Bell et al. 2009). Interactions often focus on specific subjects within this expansive field, such as dinosaurs, pollination, or space, which require a certain level of knowledge (Eberbach and Crowley 2017; Luce et al. 2017; Silander et al. 2018). Consequently, parents may sometimes find it challenging to engage their children in discussions about these scientific topics (Silander et al. 2018), leading to conversations that may remain superficial and miss opportunities for deeper exploration of scientific ideas or connections to children's everyday experiences.

Additionally, while parents recognize the importance of science for their children's development, science is often less integrated into the home learning environment compared to other domains like literacy or numeracy (Kaya and Lundeen 2010; Sonnenschein et al. 2022). This may stem from parents' beliefs and attitudes towards science, which can be influenced by past negative experiences in school, a widespread perception that science is a "difficult" subject, and the view that science is more relevant to formal education than to the home (Kaya and Lundeen 2010; Shymansky et al. 2000). For instance, some parents may occasionally feel less confident in discussing science (Silander et al. 2018; Sonnenschein et al. 2022) or believe that science is too challenging for their young children compared to other subjects (Kaya and Lundeen 2010; Saçkes 2014). Research suggests that parents with less favorable attitudes and beliefs about science engage less frequently with their children on science-related topics (Dominke and Steffensky 2024; Junge et al. 2021), which may also affect the quality of interactions.

These findings are similar to the preschool context, where teachers were shown to exhibit lower frequency and quality of science interactions compared to other domains (La Paro et al. 2009; Oppermann et al. 2019; Saçkes et al. 2011), possibly due to a lack of confidence in science or science knowledge (cf. Saçkes et al. 2011).

4.3 | Empirical Research on the Associations Between Interaction Quality and Children's Science Knowledge, Motivation, and Engagement

Only a limited body of quantitative research has delved into the connections between parent-child interaction quality and children's science knowledge, motivation, and engagement within the HSE, showing overall mixed findings. For instance, some studies have suggested relationships between children's science knowledge and specific aspects of interaction quality, such as instances of elaborative talk (e.g., providing explanations, relating concepts to children's experiences; Miller-Goldwater et al. 2023) or parents asking open-ended questions (Bae et al. 2023; Booth et al. 2020), which also aids in children's ability to recall past science events (Camilleri et al. 2021; Leichtman et al. 2017). However, other studies have failed to find significant associations between aspects of interaction quality and children's science knowledge (van Schijndel and Rajmakers 2015), or observed associations only with specific aspects of interaction quality such as science content-related talk, but not with others such as explanations, questioning, or feedback (Eberbach and Crowley 2017).

Findings regarding the relation between interaction quality and children's science motivation are also mixed. For instance, overall causal talk by parents, a combination of providing and eliciting explanations, has been shown to be linked to children's science motivation (Alvarez and Booth 2016; Booth et al. 2020), but not when examining these aspects separately (Booth et al. 2020). Additionally, Ocular et al. (2022) observed that parents' open-ended questions and explanations were not associated with children valuing a museum visit. Notably, only few studies have investigated the associations between interaction quality in the HSE and children's science motivation (or similar constructs such as interest or curiosity in science), indicating a significant research gap.

Likewise, children's engagement, eventually leading to knowledge acquisition and motivation, is considered to be related to interaction quality. Some research suggests positive connections with certain aspects of interaction quality such as parents asking open-ended questions or providing explanations, leading to increased child participation in discussions (Callanan et al. 2017; Kelly et al. 2022; Ocular et al. 2022), questioning (Chandler-Campbell et al. 2020), observations (Joy et al. 2021), or duration of science activities (Szechter and Carey 2009; To et al. 2016). However, some studies could not observe significant associations between some aspects of interaction quality and children's engagement, like giving or eliciting explanations (Callanan et al. 2017; Szechter and Carey 2009), or asking open-ended questions (van Schijndel and Raijmakers 2015).

5 | Present Study

Overall, the quality of parent-child interactions is assumed to be crucial for children's science knowledge, motivation, and engagement in science. However, previous findings on aspects of interaction quality that are important for children's science learning and engagement are inconsistent, limiting our understanding of what constitutes science interactions of high quality and how these relate to children's science learning. Therefore, adopting a more comprehensive approach by examining a concise set of broader generic and domain-specific dimensions of interaction quality, such as parents' emotional-motivational, cognitive, and science-specific support, may enrich our comprehension of interaction quality and its associations with children's learning. Additionally, most studies have primarily concentrated on single child measures such as their science knowledge or motivation. However, by exploring various measures in combination, we may attain a more thorough understanding of how interaction quality interrelates with diverse aspects of children's learning in science interactions.

This study focused on shared book reading between parents and preschool children in the HSE. While this activity may not be familiar to all families, many are likely to recognize it, and children may participate in it more often than in other science-related activities, such as experiments. This allowed us to investigate interactions in a more typical setting. Our study aimed to address the following questions: (1) How do parents support their children in interactions in the HSE? Building upon prior research in the contexts of family and preschool, we assumed that parents provided high emotional-motivational,

but lower levels of cognitive and science-specific support. (2) How is the interaction quality in a picture book reading situation related to five child measures, including their science knowledge, motivation (encompassing their self-efficacy and enjoyment in science), and their engagement (encompassing the intensity and duration of their engagement)? We assumed positive associations between all dimensions of interaction quality and child measures.

6 | Method

6.1 | Participants

Sixty-one parent-child dyads participated in this study (30 girls, 48 mothers), recruited from a related project with preschool children in two cities and surroundings in Northern (mostly urban district) and Southern Germany (urban and rural districts). An additional family was excluded from analyses because of profound external disturbances during the shared book reading. The preschool children were 4–7 years old ($M_{age} = 5.65$ years, $SD = 0.50$). In a survey, parents reported mainly high levels of education, with 75% having a bachelor's degree or higher, and mainly not having a migration background, with 87% speaking German as the only language at home.

6.2 | Materials and Procedure

We chose a shared book reading activity centered on a science topic to assess interaction quality. It is essential to recognize that, alongside shared book reading, families may participate in other science-related activities that promote different aspects of science learning, which might not be as prominent in a reading task. For example, experimentation or cooking activities can involve inquiry-based practices, such as hands-on, minds-on interactions (Siegel et al. 2007; Vandermaas-Peeler et al. 2019), which a book may not facilitate to the same extent. However, although it might not resemble a common activity for all families, many might be familiar with reading books together (Shirefley et al. 2020). Furthermore, this activity may be more commonplace and may occur more frequently than other activities such as experimentation tasks, allowing us to study interaction quality in a more natural setting within the HSE. Thus, we focused on shared book reading.

After parents gave written consent for participation, they were sent a picture book about the four seasons (Wiehle 2016), which was previously tested in a pilot study. We chose a nearly wordless picture book, as previous studies indicated that these stimulate more interactions between parents and children compared to books with text (Grolig 2020). Additionally, studies have indicated that text elements, such as open-ended questions or explanations, can affect the nature of interactions between parents and children (Leech et al. 2020; Miller-Goldwater et al. 2023), which was not of interest in this study. We met with the parent-child dyads via a video conference tool and asked them to read the book as it was natural for them, whereby we did not explicitly encourage the families to converse about

science topics. Nevertheless, the book contained numerous prompts to encourage spontaneous science conversations (e.g., emerging thunderstorms in the summer, leaves changing colors in the autumn), making it suitable for observing naturally occurring science interactions in an everyday setting as opposed to more formal science activities. The shared book-reading task was videotaped, and the families were given as much time as they wanted. After 30 min, we unobtrusively asked whether they wanted to continue or finish reading so as not to delay the families too long. On average, parents spent 24.06 min ($SD = 8.78$) reading with their children. During the task, the researchers were muted and invisible for the families, but stayed within hearing range in case any problems occurred. Thus, we minimized any disturbances and kept the interaction as natural as possible. The families received a 10€-voucher and the book as a gift for their participation. Further, as part of a related project, approximately 2.5 months ($M = 77.13$ days, $SD = 58.69$) before we met the families, the parents were surveyed online and the children were interviewed live in their preschools (see next section). Due to high variability, we controlled for these time effects in subsequent analyses.

6.3 | Measures

Interaction quality ratings. To assess the interaction quality between parents and children, we developed a global rating with high inference. We used global ratings as they use scales to obtain a holistic view on interaction quality, summarizing an overall impression of broader facets of interaction quality (e.g., cognitive activation or social relatedness) over longer coding units. These rely on rater interpretation and thus require higher inferential judgment (J. F. Alexander et al. 1995; Bardack et al. 2017). Although they are more prone to bias (Hoyt and Kerns 1999), global ratings might provide a more holistic view and better capture the intricate complexity in parent-child interactions compared to low-inferential, microanalytical approaches (Bardack et al. 2017).

According to this, our global rating approach of assessing interaction quality depended on rater observations and interpretations of the frequency and intensity of several facets of parent-child interaction quality. Levels of interaction quality were rated on an interval from 1 (low quality) to 4 (high quality) for eight facets grouped within three overarching dimensions (cognitive, science-specific, emotional-motivational support) as theoretically underpinned in the previous section (see Table 1 for a short overview with descriptions and grouping of the eight quality facets). Thus, one code was given for each of the facets encompassed within cognitive support (cognitive activation, scaffolding, language support), science-specific support (science conversations, connections), and emotional-motivational support (social relatedness, autonomy support, competence support). The internal consistency of the facets within their dimensions was high (cognitive support: $\alpha = 0.93$; science-specific support: $\alpha = 0.71$; emotional-motivational support: $\alpha = 0.84$). Therefore, for the correlational analyses, the data were averaged to generate a score for each dimension.

Further, the rating scheme provided detailed instructions, indicators, and examples, of how and when to assign a qualitative code to a specific facet. An excerpt of the rating scheme is

provided in the supporting information (Table S1). For instance, if a parent asked mainly close-ended and (next to) never open-ended questions, answered the questions him/herself, did not elicit comparisons or explanations, or even asked too many questions, such that the child could not cognitively engage in the interaction, this situation would be coded as low quality for cognitive activation. If a parent repeatedly asked open-ended questions that fit the child's learning level and interest, and adequately engaged the child in higher-order-thinking processes, such that the child could cognitively engage in that situation, the situation would be coded as high quality. Clear instructions and indicators were specified for gradations between high and low quality.

A code was given for each facet in independent 10-min cycles to acknowledge variabilities within the interactions, and to shorten the time spans to be observed by the raters. We chose 10-min intervals as, in the pilot study, they were shown to comprise sufficient information to be assigned a quality rating, and, for practical reasons, the shortest interactions lasted for approximately 10 min. The codes of multiple cycles were averaged. All videos were rated by the first author, and a trained research assistant double-coded an additional 20 videos (33%). Since we used continuous data, rater reliability was calculated via ICC (two-way mixed model with absolute agreement; McGraw and Wong 1996), yielding a high rater agreement with $ICC = 0.77$ (Cicchetti 1994).

For training, both raters met for over 10 h across 2 weeks. To obtain a shared understanding of the rating scheme, it was first critically examined with discussions of short video examples of a pilot study. Then, full-length videos of the pilot study were coded together and discussed immediately. In a third step, pilot videos were coded separately and discussed afterwards. Once the raters reached sufficient agreement on the quality ratings in these pilot videos, they proceeded to the videos used in this study. Both raters independently coded 20 randomly selected videos, which were then used to calculate inter-rater reliability.

Children's science knowledge. In preschools, children were tested about their science knowledge in small groups of approximately 5 children. The self-developed test covered various science phenomena of the children's everyday life, embedded in the overarching context of water (e.g., sinking and floating, state of aggregation, separation; adapted from Steffensky et al. 2018). It included 15 multiple-true/false items with 3 distractors each ($\alpha = 0.77$). To minimize the guessing probability, an item was only coded as correct when all distractors were solved correctly (maximum score = 15). We provide a sample item in the supporting information (Table S2).

Children's enjoyment and self-efficacy in science. In preschools, children were individually interviewed for their enjoyment and self-efficacy in science using an adapted version of the Young Children's Science Motivation scale (Y-CSM; see Oppermann et al. 2017 for an overview and psychometric properties). The Y-CSM comprised 16 items, in which children were asked about their enjoyment and self-efficacy in everyday science learning situations related to physical and life science phenomena. The items utilized a 4-point-scale response format combined with a graphical illustration in the form of a bar of increasing size, so

TABLE 1 | Brief overview of dimensions and facets of interaction quality, with short descriptions and examples.

Dimension	Facet	Description and examples
Cognitive support	Cognitive activation	Stimuli that cognitively engage the children in shared higher-order-thinking processes, such as open-ended or wh-questions; eliciting ideas/explanations/assumptions; referring to conflicting evidence
	Scaffolding	Intensity of help and assistance during co-constructive interactions between parents and children, like feedback loops in conversations (building up on utterances, statements, and questions of the child); (non-)verbal scaffolding strategies to guide the children's learning (direction towards goals, giving hints, guidance, and assistance)
	Language support	Extent of parental support and scaffolds for the children's language acquisition, like language modeling techniques; engaging in prolonged shared conversations; using, describing, and contextualizing elements of technical language; language level (using correct grammar and subclauses)
Science-specific support	Science conversation	Depth of science conversations, e.g., talk about science phenomena that are not explicitly depicted in the book; questions and explanations that lead to sustained examination of science phenomena; the factual appropriateness of parental explanations
	Connections	Degree to which the families makes references between the science phenomena and the everyday life such as connections to the child's previous experiences and prior knowledge
Emotional-motivational support	Social relatedness	Extent of the socio-emotional relationship, and the level of warmth and respect between the parent and child, e.g., the extent of smiling, laughter, and physical contact; the absence of escalations; the patience of parents during interactions
	Autonomy support	Degree of child-leadership and self-direction during interactions with the parent, e.g., letting the child decide; child has the initiative; responding to the interests and ideas of the child
	Competence support	Parents support for the self-efficiency and competence of the children, e.g., parents' appraisal; providing waiting-time; adequate handling of children's mistakes; feedback

that children could indicate their response verbally or by pointing to the corresponding response on the illustration (for further details, see Oppermann et al. 2017). Reliability was good for both scales (self-efficacy: $\alpha = 0.89$; enjoyment: $\alpha = 0.93$).

Children's engagement. We considered two measures in assessing children's engagement, the intensity and the duration. In assessing the intensity, we considered two facets relevant for children's engagement within the present study: (1) children's participation in science conversations (cf. Callanan et al. 2017; Kelly et al. 2022), reflecting their cognitive and agentic engagement, and (2) children's emotional and behavioral engagement (cf. Fredricks et al. 2004; see Table 2 for details). The procedure to assign a rating code to children's engagement was identical to the approach for rating interaction quality. Increasing intensities of engagement were coded from 1 (low participation/emotional and behavioral engagement) to 4 (high participation/emotional and behavioral engagement). Both scales showed high internal consistency ($\alpha = 0.92$) and were therefore averaged for further analyses. Additionally, using the same procedure as described above, children's engagement scales were double coded by two independent raters, resulting in a high

inter-rater agreement ($ICC = 0.82$). Further, we calculated the time parents and children spent during shared book reading as an indicator for children's engagement within the interaction.

Control variables. We individually assessed children's receptive vocabulary skills using the German version of the Peabody Picture Vocabulary Test—4th edition (PPVT-4; Lenhard et al. 2015), to control for children's language abilities. Despite criticisms regarding potential cultural and linguistic biases, particularly for dual-language learners (Platt 2010), the PPVT-4 is a widely used, age-appropriate, standardized tool with a high reported reliability of $\alpha = 0.97$. Children are asked to match words to pictures within items of increasing difficulty, until the PPVT-4 detects the child's maximum skill level (i.e., ≥ 8 of 12 mismatches per item). We used the sum-score of all correct answers. Further, we controlled for the time span between children's interviews and book reading task (in days). Additionally, we controlled for children's age (in months) and gender, as well as parental education (1 = no degree, 2 = vocational education, 3 = graduate degree, 4 = doctoral degree) and language spoken at home (1 = German as the only language, 0 = other languages also spoken).

TABLE 2 | Overview of the measures of children's engagement, with description and examples.

Measure	Facet	Description and examples
Intensity of Engagement	Participation	Degree to which the child participates in conversations, e.g., the extent to which he/she responds beyond parental questions, possibly without being requested; asks questions; makes utterances; refers to previous experiences
	Emotional and behavioural engagement	Extent to which the child shows positive emotions as well as persistence and readiness to participate in the interaction, which he/she expresses by, e.g., joy and excitement; higher degrees of self-initiative; attention and focus on interaction; and feeling secure to answer even the most difficult questions
Duration of Engagement	—	Time spent engaging with the interaction

6.4 | Analyses

For RQ1, we focused on descriptive results of the eight facets of interaction quality. For RQ2, we ran multiple regression analyses using the *sem*-function of the R-package *lavaan* (Rosseel 2012), regressing the five child measures (science knowledge, enjoyment and self-efficacy in science, intensity and duration of engagement) on cognitive, science-specific, and emotional-motivational support, respectively, considering all control variables. To obtain confidence intervals for parameter estimations, we used 1000 bootstrap samples. Missing values in PPVT-4 ($N_{\text{miss}} = 4$), children's science knowledge ($N_{\text{miss}} = 6$), and enjoyment and self-efficacy in science ($N_{\text{miss}} = 5$ each) were accounted for by using a FIML-estimation under a MCAR-assumption.

7 | Results

7.1 | Descriptive Results

For an overview of the descriptive results, see Table 3. Parents demonstrated medium to high-quality emotional-motivational support for their children. The highest ratings were observed for social relatedness, reflecting generally warm and respectful interactions between parents and children across families. Autonomy and competence support exhibited moderate quality levels, characterized by substantial variance. This suggests that while most families were highly supportive, engaging in child-centered interactions that aligned with the children's interests and provided consistent feedback and encouragement, some families were less supportive, tending toward parent-directed and less encouraging interactions. Cognitive and science-specific support were less pronounced, with facets such as cognitive activation, science conversations, and connections reflecting relatively low quality. This implies limited interactions that activated children's higher-order thinking or engaged them in deeper discussions about specific scientific phenomena, as well as connecting these discussions to the children's prior knowledge or experiences in science. However, ratings for scaffolding and language support were slightly higher, indicating that when families did engage in more in-depth science conversations or stimulated children's thinking, they were relatively supportive, enhancing the children's thinking processes

through tailored feedback and assistance, including language support through modeling techniques and clarifying complex terms. Across all facets, there was considerable variance among families, and quality ratings spanned the complete range, indicating a wide variety in interaction quality across families.

Examination of bivariate correlations revealed strong relationships among cognitive, science-specific, and emotional-motivational support (see Table 4). Further, they exhibited differing associations with the five child measures, which will be described in the subsequent section in more detail. Notably, correlations between the three quality scales and children's enjoyment in science were found to be nonsignificant and, surprisingly, negative concerning children's self-efficacy in science. Regarding control variables, correlations indicated that the PPVT-4 and the language spoken at home were related to the three interaction quality scales, while other correlations, including parental education and children's gender, indicated no associations.

7.2 | Associations Between Interaction Quality and Child Measures

For an overview of the associations between the interaction quality scales and child measures, see Table 5. A complete overview including control variables is given in the supporting information (Table S3). Multiple regression analyses indicated positive and moderate relationships between children's science knowledge and parents' cognitive ($\beta = 0.24, p = 0.03$) and science-specific support ($\beta = 0.32, p < 0.01$), but not emotional-motivational support ($\beta = 0.05, p = 0.68$). Notably, these relationships remained significant despite the inclusion of all control variables. Further, children's enjoyment in science was positively and moderately associated with cognitive support ($\beta = 0.30, p = 0.02$) as well as science-specific support ($\beta = 0.33, p = 0.02$). However, it was not associated with parents' emotional-motivational support ($\beta = 0.18, p = 0.18$). It is important to note that while bivariate correlations were nonsignificant, the influence of control variables may have masked associations. For children's self-efficacy in science, no associations could be observed. Of note, bivariate correlations indicated negative relationships which did not remain once control variables were accounted for. All quality scales demonstrated a

TABLE 3 | Descriptive statistics of dimensions of interaction quality ($N = 61$).

Dimension	Facet	M	SD	Min	Max
Cognitive support	Cognitive activation	1.82	0.73	1.00	4.00
	Scaffolding	2.15	0.89	1.00	4.00
	Language support	2.26	0.86	1.00	4.00
Science-specific support	Science conversation	1.91	0.81	1.00	4.00
	Connections	1.84	0.60	1.00	3.00
Emotional-motivational support	Social relatedness	3.23	0.72	1.33	4.00
	Autonomy support	2.53	0.88	1.00	4.00
	Competence support	2.52	0.85	1.00	4.00

Note: 1 = low quality, 4 = high quality.

strong association with the intensity of children's engagement ($\beta \geq 0.57$, $p < 0.001$), which showed a particularly high relationship with emotional-motivational support ($\beta = 0.91$, $p < 0.001$). Similarly, these scales were also associated with the duration children were engaged in book reading with their parents ($\beta \geq 0.38$, $p < 0.001$).

8 | Discussion

This study investigated the quality of science interactions between parents and children during shared book reading. Employing a global rating with a high-inference approach, we elaborated on multiple generic and domain-specific dimensions with various facets of interaction quality and explored their connections with five child measures—their science knowledge, motivation (including the enjoyment and self-efficacy), and engagement in science interactions (including the intensity and duration). The major findings are thoroughly discussed in relation to our research questions.

8.1 | How Do the Parents Support Their Children During Shared Book Reading About Science?

In line with our hypotheses and previous research, parents placed the highest emphasis on the emotional-motivational support for their children. This finding aligns with attachment-theoretical and self-deterministic frameworks where a secure bond between parents and children and the fulfillment of self-deterministic needs are considered crucial for children's development (Joussemet et al. 2008; La Guardia et al. 2000; Ryan and Deci 2000), and are viewed as drivers for successful learning experiences (Eccles and Wigfield 2020; Ryan and Deci 2000). Considering that previous studies placed less emphasis on this, our study provides new insights into how parents emotionally and motivationally support their children during interactions, having the potential to foster science learning.

Regarding parents' cognitive and science-specific support, interaction quality ratings ranged from low to medium, which was in line with our hypotheses. Notably, there was considerable variance across families in both dimensions of interaction quality. We identified instances of parents supporting through asking open-ended questions, giving hints and explanations,

families engaging in joint thinking processes and shared science conversations, or connecting to their everyday life. However, in some families, these interactions occurred occasionally, were sometimes superficial, or lacked the provision of scaffolds; thus, they might be limited in terms of supporting children's cognitive learning, while still providing emotional and motivational support.

Since we did not explicitly encourage families to engage in science-related discussions during shared book reading with predefined science learning goals, the focus might have been more on emotional-motivational elements than on cognitively stimulating interactions. Similarly, previous studies in the museum context indicated that families, when engaging in science-related interactions, place more emphasis on emotional-motivational aspects during their visits (cf. Falk and Storksdiack 2010), which our results indicate might be transferrable to the home context.

There may be other factors that influence children's cognitive interactions with their parents. Individual prerequisites of parents and children, such as their science motivation (Franse et al. 2021; Silander et al. 2018; Sonnenschein et al. 2022), perceived importance of science (Saçkes 2014), or prior knowledge (Eberbach and Crowley 2017; Palmquist and Crowley 2007; Silander et al. 2018), can be related to the quality of interactions in the HSE as well. These factors might also have affected the levels of parents' cognitive and science-specific support in interactions with their children in this study. Future research should consider these factors to better understand how parents and children cognitively engage in shared science interactions.

In addition to factors such as motivational or cognitive prerequisites, structural family characteristics such as family SES or parental education might influence the joint interactions (Kluczniok et al. 2013; Niklas and Schneider 2017). For instance, research indicates that family SES or parental education relates to the frequency of interactions in the HSE (Dominke and Steffensky 2024; Junge et al. 2021; Zhang et al. 2019) as well as how parents support their children's science learning (Bradley and Corwyn 2002; Solis and Callanan 2021; Tenenbaum and Callanan 2008; Zady and Portes 2001). This likely influences children's science learning (Dominke and Steffensky 2024; Junge et al. 2021). Our study

TABLE 4 | Descriptive statistics and bivariate correlations between variables (N = 61).

	M	SD	Min	Max	1	2	3	4	5	6	7	Manifest bivariate correlations						
												8	9	10	11	12	13	
1 Cognitive support	2.08	0.77	1.00	3.89														
2 Science-specific support	1.87	0.62	1.00	3.50	0.85***													
3 Emot.-mot. support	2.76	0.71	1.33	4.00	0.81***	0.58***												
4 Science knowledge	6.05	3.37	0.00	12.00	0.29*	0.38**	0.15											
5 Intensity of engmt.	2.68	0.87	1.00	4.00	0.83***	0.63***	0.90***	0.16										
6 Duration of engmt. (mins.)	24.06	8.78	7.17	52.80	0.46***	0.41***	0.43***	0.21	0.40***									
7 Enjoyment	3.55	0.61	1.36	4.00	0.17	0.13	0.07	-0.11	0.04	0.09								
8 Self-efficacy	2.99	0.68	1.81	4.00	-0.21	-0.23 [□]	-0.28*	-0.35**	-0.27*	-0.27*	0.40**							
9 PPVT-4	132.30	21.06	77.00	174.00	0.28*	0.29*	0.29*	0.57***	0.23 [□]	0.28*	-0.21	-0.29*						
10 Language (German)			0.00	1.00	0.28*	0.31*	0.29*	-0.01	0.29*	-0.05	-0.17	-0.08	0.01					
11 Parental education	2.84	0.61	1.00	4.00	-0.08	-0.05	-0.03	0.13	-0.13	0.04	0.07	-0.28*	0.06	-0.18				
12 Time span (days)	77.13	58.69	4.00	224.00	-0.16	-0.16	-0.21	-0.10	-0.12	0.04	-0.02	0.15	-0.17	-0.05	0.01			
13 Child's age (months)	67.84	6.09	52.00	87.00	-0.14	-0.05	-0.13	0.35**	-0.10	-0.31*	-0.23 [□]	-0.05	0.16	-0.17	-0.12	-0.10		
14 Child's gender (girls)			0.00	1.00	-0.02	0.00	-0.08	-0.06	-0.09	0.16	-0.11	-0.19	-0.12	-0.19	-0.05	0.07	0.03	

Note: Missing values were treated by pairwise deletion.

Abbreviations: Emot.-mot. support, emotional-motivational support; engmt., engagement; PPVT-4, Peabody Picture Vocabulary Test—4th edition; time span, time span between children interviews and book reading task.

Note:

[□]p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001.

[□]p < 0.10.

could not examine these links in more detail due to a rather selective sampling. Moreover, we only had information on parental education. However, future research should include families from more diverse socioeconomic backgrounds and explore the interplay of their interactions with various structural characteristics. This could help to gain a better understanding of the different approaches that parents from various backgrounds may employ to support their children's science learning.

Additionally, parents and children from diverse cultural or linguistic backgrounds may engage in science learning together in various ways (Gutiérrez and Rogoff 2003; Shirefley et al. 2020; Siegel et al. 2007). When interpreting our findings, it is important to consider that this study was unable to investigate how parents with different cultural or linguistic backgrounds support their children's science learning due to sampling limitations. For instance, in multilingual families, it would be important to examine whether interactions differ in the first or second language. To better address issues of equity in children's science development across a variety of families, future research should explore how families from diverse backgrounds foster their children's science learning.

8.2 | How Is Interaction Quality Related to Child Measures?

Consistent with our hypotheses, our findings indicate positive associations between children's science knowledge and parents' cognitive as well as science-specific support during the shared book reading interactions, even after controlling for factors such as parents' education, home language, children's age, gender, and vocabulary skills. This finding aligns with previous research, suggesting that cognitive-oriented aspects of interaction quality particularly facilitate children's knowledge acquisition, such as science-related talk (Eberbach and Crowley 2017), parents' questions and explanations (Bae et al. 2023; Booth et al. 2020), and extratextual talk during shared book reading (Leech et al. 2020; Miller-Goldwater et al. 2023). However, contradictory findings have also been reported (e.g., Camilleri et al. 2021; van Schijndel and Raijmakers 2015). Our study adopted a more comprehensive perspective on interaction quality and its associations with children's science knowledge than previous studies, yielding new insights in which types of parental support are especially promotive for the children's science knowledge. However, in contrast to our hypotheses, parental emotional-motivational support showed no significant association with children's science knowledge. Previous research is rare, but some evidence has suggested links between children's autonomy in science interactions and their ability to correctly solve science tasks (cf. Sobel et al. 2021). Hence, it would be premature to conclude that parents' emotional-motivational support is unrelated to children's science knowledge. Instead, our findings suggest the presence of more complex relationships, although the limited sample size may have hindered their detection. For example, emotional-motivational support was strongly associated with children's engagement, which may, in turn, mediate the relationship of emotional-motivational support and children's science knowledge and might be, therefore, a prerequisite for

cognitive learning. However, further research is warranted to explore these relationships in greater depth.

Moreover, parents' cognitive and science-specific support exhibited a positive association with children's enjoyment in science. Consistent with our findings, evidence from family contexts suggests that cognitive-oriented aspects of parent-child interaction quality, such as providing and eliciting explanations, are positively linked to children's enjoyment (cf. causal stance: Alvarez and Booth 2016; Booth et al. 2020). Similarly, research in preschool contexts has emphasized the importance of adequate and high-quality support in fostering children's enjoyment in science (Mantzicopoulos et al. 2013; Patrick et al. 2009). However, the development of children's enjoyment in science, or science motivation in general, remains a relatively understudied topic, and therefore, our study offers new insights by highlighting the significance of the HSE in shaping children's science motivation, in addition to preschool contexts. However, contradictory to our initial hypotheses, parents' emotional-motivational support was not significantly associated with children's enjoyment in science. One plausible explanation, supported by our findings, is that this dimension of interaction quality may predominantly relate to children's situational motivation, as evidenced by their heightened engagement in science interactions, rather than to a more stable science motivation such as their general enjoyment. Therefore, it is conceivable that children's engagement serves as a mediator for the associations between interaction quality and their enjoyment in science (or science motivation in general), necessitating further exploration in future research. Moreover, as compared to other aspects of interaction quality, emotional-motivational support encompasses mostly generic aspects. The lack of domain-specificity in this dimension could potentially explain the nonsignificant findings regarding its association with children's enjoyment.

In contrast to our hypotheses, interaction quality was not associated with children's self-efficacy in science. These nonsignificant findings are contradictory to the previous findings from the preschool context, where higher-quality support and more science learning opportunities were positively related to children's self-efficacy in science (Patrick et al. 2009), especially for boys (Oppermann et al. 2019). The disparities between these contexts may possibly originate from the structured and goal-oriented nature of science activities in preschool settings, which may have a greater potential to enhance children's self-efficacy in science compared to the family context, where science activities may happen less often and in a less structured way (Saçkes 2014; Sonnenschein et al. 2022). In preschool interventions, for example, Patrick et al. (2009) observed that children in highly structured learning environments exhibited increased self-efficacy in science compared to those in regular classrooms. Another possible explanation is that the emphasis on verbal exchanges during shared book reading may sometimes be less effective in fostering children's self-efficacy in science compared to more hands-on, minds-on activities, such as conducting experiments. However, more research is needed to examine the associations between interaction quality at home and children's self-efficacy (or science motivation in general).

TABLE 5 | Standardized regression coefficients, standardized bootstrapped confidence intervals, and explained variance in dependent variables.

Independent variables	Child measures (dependent variables)								
	Science knowledge			Enjoyment			Self-efficacy		
	β	CI _{95%}	R ²	β	CI _{95%}	R ²	β	CI _{95%}	R ²
Cognitive support	0.24*	0.00–0.46	0.43	0.30*	0.00–0.57	0.24	–0.14	–0.38–0.14	0.26
Science-specific support	0.32**	0.13–0.51	0.47	0.33*	0.01–0.62	0.26	–0.12	–0.40–0.21	0.26
Emotional-motivational support	0.05	–0.20–0.29	0.38	0.18	–0.11–0.51	0.19	–0.20	–0.46–0.06	0.28

Independent variables	Intensity of engagement			Duration of engagement		
	β	CI _{95%}	R ²	β	CI _{95%}	R ²
	Cognitive support	0.81***	0.67–0.93	0.69	0.41***	0.18–0.64
Science-specific support	0.57***	0.37–0.75	0.43	0.38***	0.12–0.60	0.38
Emotional-motivational support	0.91***	0.83–0.99	0.82	0.40***	0.17–0.66	0.38

Note: CI95% = bootstrapped 95%-confidence interval. Covariates (not depicted): PPVT-4, language spoken at home, parental education, time span between children interviews and book reading task, children's age, children's gender. R²-values of dependent variables are inclusive of control variables

Note:

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Finally, constructivist learning theories posit that children's engagement is a proximal consequence of the interactions with their parents, eventually leading to children's cognitive learning and motivation (Piaget 1973; Wellman and Gelman 1992). Similarly, socio-cultural theories underscore the highly intertwined nature of interactions and children's engagement (Vygotsky 1987). In line with this and our hypotheses, our findings suggest a strong association between the intensity and duration of children's engagement during science interactions with all dimensions of interaction quality, particularly parents' emotional-motivational support. While previous studies have indicated that the frequency of certain parental behaviors, such as asking open-ended questions, correlates with children's engagement (Callanan et al. 2017; Kelly et al. 2022; Leech et al. 2023) and the time they are engaged (Szechter and Carey 2009; To et al. 2016), our study contributes novel insights that the quality of science interactions is similarly connected to children's engagement. Future studies could also place emphasis on how the children's engagement mediates associations of interaction quality with children's outcomes, such as their science knowledge or motivation, to better understand the role of children's engagement for their science learning.

9 | Limitations

We faced several limitations that should be mentioned. First, the study design restricts our ability to make definitive claims about the direction of the reported relationships. For instance, interaction quality might also be associated with children's science knowledge because of families engaging in higher-quality interactions when the child shows higher knowledge about a specific science phenomenon. Second, although the sample size was larger compared to similar studies, the limited number of parent-child dyads somewhat restricts the generalizability of the results. Thereby, our sample mainly consisted of high-educated, and low-diverse families, which restricts our investigation of interaction quality to a rather limited subsample of the German population, and associations between interaction quality and child measures should be considered under this issue. Future research should therefore also

include families from a wider range of socioeconomic backgrounds as well as those with greater cultural diversity. Further, although we tried to keep the shared book reading as natural as possible for the families, the unfamiliar situation such as the presence of a camera and the appointment to read a book may have affected the task. However, after the reading task, the parents reported that they quickly adapted to the situation and felt natural once the reading commenced. Another limitation is that the science knowledge and motivation interviews evaluated child measures in a more generalized context, whereas the scientific phenomenon presented in the book (the four seasons) was more topic-specific and may not completely align with the broader themes covered in the interviews. It is therefore particularly noteworthy that we still observed connections between interaction quality and outcomes. However, it should be noted that we did not explicitly prompt families to discuss any specific science topic. Additionally, existing evidence suggests that interaction quality tends to remain relatively stable across different contexts (Camilleri et al. 2021; Leichtman et al. 2017; Roßbach et al. 2024). Thus, our assessments of interaction quality may serve as a proxy for interactions in various situations and for fostering children's knowledge and motivation across diverse science topics, thereby supporting our findings of positive relationships. Nevertheless, the use of a single observation point limits the generalizability of our findings regarding whether the interaction quality measured during the shared book reading task is representative of the individual family or applicable to other contexts, such as an experimentation task. Additionally, an experimentation task (or similar activities) could have provided insights into parent-child interactions in the HSE that were not obtainable through the book reading task. For instance, while book reading may be a familiar activity for most families, it may not fully capture other important aspects of science, such as inquiry-based interactions. Future research should therefore also emphasize these inquiry-based elements when exploring the quality of parent-child interactions in the HSE. Further, our global perspective on interaction quality with a high-inference approach may have blurred some specific details of parent-child interactions, and other methods like a microanalytical coding may focus on these specific details (such as parents' various types of open-ended questions) in more detail. Lastly, there is limited research on parent-child interaction

quality with a broader perspective alongside various conceptual dimensions of interaction quality. We derived a conceptual framework based on empirical evidence and various theoretical strands. However, there may be other foci on interaction quality that we did not consider so far. Thus, we potentially neglected other important aspects of learning processes between parents and children.

10 | Conclusion

This study examined parent-child interaction quality more broadly than previous studies, combining various theoretical strands into a concise set of overarching conceptual dimensions. Our research underscores that some parents offered strong emotional and motivational support and engaged in deeply stimulating conversations with their children, exploring various scientific phenomena in detail. Conversely, while other families were also highly emotionally and motivationally supportive for their children, they participated in less cognitively stimulating interactions, exploring science phenomena with less intensity. However, the reasons for these differences remain less understood. Therefore, future research could investigate these factors more thoroughly, potentially informing the creation of interventions or best practice models for families engaging with science, also in settings like museums. Further, interaction quality was differently related to five child measures—their science knowledge, motivation (including their self-efficacy and enjoyment in science), and their engagement (including the intensity and duration)—indicating an overall great importance of high-quality interactions in the HSE for children's early development of scientific literacy. Future research should clearly account for more globally investigating parent-child interaction quality alongside various dimensions including emotional-motivational aspects, its relation to children's science learning, and the potentially mediating role of children's engagement. Furthermore, future studies could expand to explore other contexts both within and beyond the HSE, as well as to families facing challenges, or families with more diverse backgrounds. This approach would enhance our understanding of the families in young children's science learning and identify the types of parental support that effectively promote science learning across various backgrounds.

Author Contributions

Henning Dominke and Mirjam Steffensky contributed to the conception and design of this study. Henning Dominke collected the data, and performed the analyses with suggestions from Julia Barenthien, Elisa Oppermann, and Lars Burghardt. Elisa Oppermann acquired funding for the study NaQua-K, on which children interviews and parent surveys base on. Mirjam Steffensky supervised the work. Henning Dominke drafted the manuscript and all authors contributed to revising, and approved its final version.

Acknowledgments

We would like to thank all the parents and children for their engagement and help to accomplish this study. Also, we would like to thank Tom Boehnke for his help during the video analyses. Data concerning children interviews and parent surveys were collected within the project NaQua-K, funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German

Research Foundation), grant 432662741. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Ethics Statement

Parents gave written consent to participate in this study, including consent for their children. The study was approved by the ethics committee of the University of Hamburg (MS_22-018).

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Data Availability Statement

The data that supports the findings of this study are available in the Supporting material of this article.

References

- Alexander, J. F., R. M. Newell, M. S. Robbins, and C. W. Turner. 1995. "Observational Coding in Family Therapy Process Research." *Journal of Family Psychology* 9, no. 4: 355–365. <https://doi.org/10.1037/0893-3200.9.4.355>.
- Alexander, J. M., K. E. Johnson, and K. Kelley. 2012. "Longitudinal Analysis of the Relations Between Opportunities to Learn About Science and the Development of Interests Related to Science." *Science Education* 96, no. 5: 763–786. <https://doi.org/10.1002/sce.21018>.
- Alvarez, A., and A. E. Booth. 2016. "Exploring Individual Differences in Preschoolers' Causal Stance." *Developmental Psychology* 52, no. 3: 411–422. <https://doi.org/10.1037/dev0000085>.
- Anders, Y., I. Hardy, S. Pauen, and M. Steffensky. 2018. "Goals of Science Education Between the Ages of Three and Six and Their Assessment." In *Haus der kleinen Forscher' Foundation (Ed.), Scientific Studies on the Work of the 'Haus der kleinen Forscher' Foundation: Vol. 5. Early Science Education—Goals and Process-Related Quality Criteria for Science Teaching*, 30–99. Barbara Budrich Publishers.
- Ash, D. 2003. "Dialogic Inquiry in Life Science Conversations of Family Groups in a Museum." *Journal of Research in Science Teaching* 40, no. 2: 138–162. <https://doi.org/10.1002/tea.10069>.
- Bae, J., M. Shavlik, C. E. Shatrowsky, C. A. Haden, and A. E. Booth. 2023. "Predicting Grade School Scientific Literacy From Aspects of the Early Home Science Environment." *Frontiers in Psychology* 14: 1113196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1113196>.
- Bandura, A. 1977. "Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change." *Psychological Review* 84, no. 2: 191–215.
- Bardack, S., J. E. Herbers, and J. Obradović. 2017. "Unique Contributions of Dynamic Versus Global Measures of Parent-Child Interaction Quality in Predicting School Adjustment." *Journal of Family Psychology* 31, no. 6: 649–658. <https://doi.org/10.1037/fam0000296>.
- Baron, F., A. Linberg, and S. Kuger. 2023. "Assessing Global and Math-Specific Teacher-Child Interaction Quality in Early Childcare Settings: A Systematic Literature Review of Instruments Used in Research." *European Early Childhood Education Research Journal* 31, no. 4: 640–659. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2154817>.
- Barriault, C., and D. Pearson. 2010. "Assessing Exhibits for Learning in Science Centers: A Practical Tool." *Visitor Studies* 13, no. 1: 90–106. <https://doi.org/10.1080/10645571003618824>.
- Bell, P., B. Lewenstein, A. W. Shouse, and M. A. Feder. 2009. *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. The National Academic Press.
- Blums, A., J. Belsky, K. Grimm, and Z. Chen. 2017. "Building Links Between Early Socioeconomic Status, Cognitive Ability, and Math and

- Science Achievement.” *Journal of Cognition and Development* 18, no. 1: 16–40. <https://doi.org/10.1080/15248372.2016.1228652>.
- Booth, A. E., M. Shavlik, and C. A. Haden. 2020. “Parents’ Causal Talk: Links to Children’s Causal Stance and Emerging Scientific Literacy.” *Developmental Psychology* 56, no. 11: 2055–2064. <https://doi.org/10.1037/dev0001108>.
- Bradley, R. H., and R. F. Corwyn. 2002. “Socioeconomic Status and Child Development.” *Annual Review of Psychology* 53: 371–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135233>.
- Brito, N. H., R. M. Ryan, M. Rebecca, and R. Barr. 2014. “Methods for Assessing Parent-Child Interactions in Large-Scale Studies.” In *Contemporary Perspectives in Early Childhood Education: Vol. 2. Handbook of Research Methods in Early Childhood Education: Review of Research Methodologies* edited by O. Saracho, 147–189. Information Age Publishing, 1st ed.
- Bronfenbrenner, U., and P. A. Morris. 2006. “The Bioecological Model of Human Development.” In *Handbook of Child Psychology: Theoretical Models of Human Development* edited by R. M. Lerner and W. Damon, 793–828. John Wiley & Sons Inc.
- Bullock, M., B. Sodian, and S. Koerber. 2009. “Doing Experiments and Understanding Science: Development of Scientific Reasoning From Childhood to Adulthood.” In *Human Development From Early Childhood to Early Adulthood: Findings From a 20 Year Longitudinal Study* edited by W. Schneider and M. Bullock, 173–197. Psychology Press Taylor & Francis Group.
- Bustamante, A. S., M. Schlesinger, K. N. Begolli, et al. 2020. “More Than Just a Game: Transforming Social Interaction and Stem Play With Parkopolis.” *Developmental Psychology* 56, no. 6: 1041–1056. <https://doi.org/10.1037/dev0000923>.
- Callanan, M. A., C. L. Castañeda, M. R. Luce, and J. L. Martin. 2017. “Family Science Talk in Museums: Predicting Children’s Engagement From Variations in Talk and Activity.” *Child Development* 88, no. 5: 1492–1504. <https://doi.org/10.1111/cdev.12886>.
- Callanan, M. A., and A. Valle. 2008. “Co-Constructing Conceptual Domains Through Family Conversations and Activities.” In *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* edited by B. H. Ross, 147–165. Elsevier Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)00004-2](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)00004-2).
- Camilleri, K. A., M. D. Leichtman, and D. B. Pillemer. 2021. “What Do You Remember About Captain Jon’s Visit? Parent-Child Conversations and Children’s Memory for a Science Lesson.” *Journal of Experimental Child Psychology* 207: 105104. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105104>.
- Chandler-Campbell, I. L., K. A. Leech, and K. H. Corriveau. 2020. “Investigating Science Together: Inquiry-Based Training Promotes Scientific Conversations in Parent-Child Interactions.” *Frontiers in Psychology* 11: 1934. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01934>.
- Cicchetti, D. V. 1994. “Guidelines, Criteria, and Rules of Thumb for Evaluating Normed and Standardized Assessment Instruments in Psychology.” *Psychological Assessment* 6, no. 4: 284–290. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.6.4.284>.
- Crowley, K., M. A. Callanan, J. L. Jipson, J. Galco, K. Topping, and J. Shrager. 2001. “Shared Scientific Thinking in Everyday Parent-Child Activity.” *Science Education* 85, no. 6: 712–732. <https://doi.org/10.1002/sce.1035>.
- DeWitt, J., and L. Archer. 2015. “Who Aspires to a Science Career? A Comparison of Survey Responses From Primary and Secondary School Students.” *International Journal of Science Education* 37, no. 13: 2170–2192. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1071899>.
- DiSessa, A. A. 2002. “Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice.” In *Why “Conceptual Ecology” is a Good Idea* edited by M. Limón and L. Mason, 28–60. Kluwer Academic Publisher. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_2.
- Dominke, H., and M. Steffensky. 2024. “The Science-Specific Home Learning Environment of Elementary School Children—How Are Science Experiences and Science Talk Associated With the Children’s Science Achievement?” *Research in Science & Technological Education: 1–20*. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2375512>.
- Eberbach, C., and K. Crowley. 2017. “From Seeing to Observing: How Parents and Children Learn to See Science in a Botanical Garden.” *Journal of the Learning Sciences* 26, no. 4: 608–642. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1308867>.
- Ebersbach, M., and W. C. M. Resing. 2007. “Shedding New Light on an Old Problem: The Estimation of Shadow Sizes in Children and Adults.” *Journal of Experimental Child Psychology* 97, no. 4: 265–285. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.02.002>.
- Eccles, J. S., and A. Wigfield. 2020. “From Expectancy-Value Theory to Situated Expectancy-Value Theory: A Developmental, Social Cognitive, and Sociocultural Perspective on Motivation.” *Contemporary Educational Psychology* 61: 101859. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859>.
- Eshach, H. 2006. *Science Literacy in Primary Schools and Pre-Schools. Classics in Science Education* (1). Springer.
- Falk, J. H., and M. Storksdieck. 2010. “Science Learning in a Leisure Setting.” *Journal of Research in Science Teaching* 47, no. 2: 194–212. <https://doi.org/10.1002/tea.20319>.
- Fiskerstrand, A. 2022. “Literature Review—Parent Involvement and Mathematic Outcome.” *Educational Research Review* 37: 100458. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100458>.
- Franse, R. K., T. J. P. van Schijndel, T. I. Plankman, and M. E. J. Raijmakers. 2021. “Families’ Experiments and Conversations at an Open-Ended Exhibit in a Science Museum: Individual Characteristics and the Influence of Minimal Guidance Strategies.” *Science Education* 105, no. 4: 707–742. <https://doi.org/10.1002/sce.21620>.
- Franse, R. K., T. J. P. van Schijndel, and M. E. J. Raijmakers. 2020. “Parental Pre-Knowledge Enhances Guidance During Inquiry-Based Family Learning in a Museum Context: An Individual Differences Perspective.” *Frontiers in Psychology* 11: 1047. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01047>.
- Fredricks, J. A., P. C. Blumenfeld, and A. H. Paris. 2004. “School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence.” *Review of educational research* 74, no. 1: 59–109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>.
- French, L. 2004. “Science as the Center of a Coherent, Integrated Early Childhood Curriculum.” *Early Childhood Research Quarterly* 19, no. 1: 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.004>.
- Grolig, L. 2020. “Shared Storybook Reading and Oral Language Development: A Bioecological Perspective.” *Frontiers in Psychology* 11: 1818. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01818>.
- La Guardia, J. G., R. M. Ryan, C. E. Couchman, and E. L. Deci. 2000. “Within-Person Variation in Security of Attachment: A Self-Determination Theory Perspective on Attachment, Need Fulfillment, and Well-Being.” *Journal of Personality and Social Psychology* 79, no. 3: 367–384. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.3.367>.
- Gutiérrez, K. D., and B. Rogoff. 2003. “Cultural Ways of Learning: Individual Traits or Repertoires of Practice.” *Educational Researcher* 32, no. 5: 19–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X032005019>.
- Haden, C. A. 2010. “Talking About Science in Museums.” *Child Development Perspectives* 4, no. 1: 62–67. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00119.x>.
- Hammett, L. A., A. van Kleeck, and C. J. Huberty. 2003. “Patterns of Parents’ Extratextual Interactions During Book Sharing With Preschool Children: A Cluster Analysis Study.” *Reading Research Quarterly* 38, no. 4: 442–468. <https://doi.org/10.1598/RRQ.38.4.2>.
- Hoyt, W. T., and M. D. Kerns. 1999. “Magnitude and Moderators of Bias in Observer Ratings: A Meta-Analysis.” *Psychological Methods* 4, no. 4: 403–424. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.4.403>.

- Jipson, J. L., and M. A. Callanan. 2003. "Mother-Child Conversation and Children's Understanding of Biological and Nonbiological Changes in Size." *Child Development* 74, no. 2: 629–644. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.7402020>.
- Joussemet, M., R. Landry, and R. Koestner. 2008. "A Self-Determination Theory Perspective on Parenting." *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne* 49, no. 3: 194–200. <https://doi.org/10.1037/a0012754>.
- Joy, A., F. Law, L. McGuire, et al. 2021. "Understanding Parents' Roles in Children's Learning and Engagement in Informal Science Learning Sites." *Frontiers in Psychology* 12: 635839. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.635839>.
- Junge, K., D. Schmerse, E. M. Lankes, C. H. Carstensen, and M. Steffensky. 2021. "How the Home Learning Environment Contributes to Children's Early Science Knowledge—Associations With Parental Characteristics and Science-Related Activities." *Early Childhood Research Quarterly* 56: 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.04.004>.
- Kaya, S., and C. Lundeen. 2010. "Capturing Parents' Individual and Institutional Interest Toward Involvement in Science Education." *Journal of Science Teacher Education* 21, no. 7: 825–841. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9173-4>.
- Kelly, K. R., G. Ocular, and A. Austin. 2022. "Adult-Child Science Language During Informal Science Learning at an Aquarium." *Social Science Journal* 59, no. 4: 532–542. <https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1727226>.
- Kirschner, P. A., J. Sweller, and R. E. Clark. 2006. "Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching." *Educational Psychologist* 41, no. 2: 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985Sep4102_1.
- Kluczniok, K., S. Lehl, S. Kuger, and H. G. Rossbach. 2013. "Quality of the Home Learning Environment During Preschool Age—Domains and Contextual Conditions." *European Early Childhood Education Research Journal* 21, no. 3: 420–438. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2013.814356>.
- Krapp, A., and M. Prenzel. 2011. "Research on Interest in Science: Theories, Methods, and Findings." *International Journal of Science Education* 33, no. 1: 27–50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>.
- Kurkul, K. E., E. Castine, K. Leech, and K. H. Corriveau. 2021. "How Does a Switch Work? The Relation Between Adult Mechanistic Language and Children's Learning." *Journal of Applied Developmental Psychology* 72: 101221. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2020.101221>.
- Labotka, D., S. A. Gelman, and J. L. Jipson. 2021. "Parent-Child Conversations About Animals on a Visit to a (Virtual) Zoo." *Cognitive Development* 60: 101123. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101123>.
- Leech, K., I. L. Chandler-Campbell, J. Alton, and K. H. Corriveau. 2023. "What Would Happen If? A Comparison of Fathers' and Mothers' Questions to Children During a Science Activity." *Frontiers in Psychology* 14: 1078994. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1078994>.
- Leech, K. A., A. S. Haber, Y. Jalkh, and K. H. Corriveau. 2020. "Embedding Scientific Explanations Into Storybooks Impacts Children's Scientific Discourse and Learning." *Frontiers in Psychology* 11: 1016. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01016>.
- Leibham, M. B., J. M. Alexander, and K. E. Johnson. 2013. "Science Interests in Preschool Boys and Girls: Relations to Later Self-Concept and Science Achievement." *Science Education* 97, no. 4: 574–593. <https://doi.org/10.1002/sce.21066>.
- Leichtman, M. D., K. A. Camilleri, D. B. Pillemer, C. C. Amato-Wierda, J. E. Hogan, and M. D. Dongo. 2017. "Talking After School: Parents' Conversational Styles and Children's Memory for a Science Lesson." *Journal of Experimental Child Psychology* 156: 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.11.002>.
- Lenhard, A., W. Lenhard, R. Segerer, and S. Suggate. 2015. *Peabody Picture Vocabulary Test: German adaption*. Pearson. 4th ed.
- Leseman, P. P. M., and D. C. van den Boom. 1999. "Effects of Quantity and Quality of Home Proximal Processes on Dutch, Surinamese-Dutch and Turkish-Dutch Pre-Schoolers' Cognitive Development." *Infant and child development* 8, no. 1: 19–38. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-7219\(199903\)8:1<19::AID-ICD187>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-7219(199903)8:1<19::AID-ICD187>3.0.CO;2-7).
- Leuchter, M., H. Saalbach, and I. Hardy. 2014. "Designing Science Learning in the First Years of Schooling: An Intervention Study With Sequenced Learning Material on the Topic of 'Floating and Sinking.'" *International Journal of Science Education* 36, no. 10: 1751–1771. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.878482>.
- Linberg, A., S. Lehl, and S. Weinert. 2020. "The Early Years Home Learning Environment—Associations With Parent-Child-Course Attendance and Children's Vocabulary at Age 3." *Frontiers in Psychology* 11: 1425. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01425>.
- Luce, M. R., S. Goldman, and T. Veal. 2017. "Designing for Family Science Explorations Anytime, Anywhere." *Science Education* 101, no. 2: 251–277. <https://doi.org/10.1002/sce.21259>.
- Mantzicopoulos, P., H. Patrick, and A. Samarapungavan. 2013. "Science Literacy in School and Home Contexts: Kindergarteners' Science Achievement and Motivation." *Cognition and Instruction* 31, no. 1: 62–119. <https://doi.org/10.1080/07370008.2012.742087>.
- McGraw, K. O., and S. P. Wong. 1996. "Forming Inferences About Some Intraclass Correlation Coefficients." *Psychological Methods* 1, no. 1: 30–46. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.1.30>.
- Melhuish, E. C., M. B. Phan, K. Sylva, P. Sammons, I. Siraj-Blatchford, and B. Taggart. 2008. "Effects of the Home Learning Environment and Preschool Center Experience Upon Literacy and Numeracy Development in Early Primary School." *Journal of Social Issues* 64, no. 1: 95–114. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2008.00550.x>.
- Miller-Goldwater, H. E., L. M. Cronin-Golomb, M. H. Hanft, and P. J. Bauer. 2023. "The Influence of Books' Textual Features and Caregivers' Extratextual Talk on Children's Science Learning in the Context of Shared Book Reading." *Developmental Psychology* 59, no. 2: 390–411. <https://doi.org/10.1037/dev0001480>.
- Morgan, P. L., G. Farkas, M. M. Hillemeier, and S. Maczuga. 2016. "Science Achievement Gaps Begin Very Early, Persist, and Are Largely Explained by Modifiable Factors." *Educational Researcher* 45, no. 1: 18–35. <https://doi.org/10.3102/0013189X16633182>.
- Mu, J., A. Bayrak, and S. Ufer. 2022. "Conceptualizing and Measuring Instructional Quality in Mathematics Education: A Systematic Literature Review." *Frontiers in Education* 7: 994739. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.994739>.
- Niklas, F., and W. Schneider. 2017. "Home Learning Environment and Development of Child Competencies From Kindergarten Until the End of Elementary School." *Contemporary Educational Psychology* 49: 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.03.006>.
- Ocular, G., K. R. Kelly, L. Millan, et al. 2022. "Contributions of Naturalistic Parent-Child Conversations to Children's Science Learning During Informal Learning at an Aquarium and at Home." *Frontiers in Psychology* 13: 943648. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.943648>.
- Opfer, J. E., and S. A. Gelman. 2011. "Development of the Animate-Inanimate Distinction." In *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* edited by U. Goswami, 213–238. Wiley Blackwell. 2nd ed.
- Oppermann, E., M. Brunner, and Y. Anders. 2019. "The Interplay Between Preschool Teachers' Science Self-Efficacy Beliefs, Their Teaching Practices, and Girls' and Boys' Early Science Motivation." *Learning and Individual Differences* 70: 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.01.006>.
- Oppermann, E., M. Brunner, J. S. Eccles, and Y. Anders. 2017. "Uncovering Young Children's Motivational Beliefs About Learning

- Science.” *Journal of Research in Science Teaching* 55, no. 3: 399–421. <https://doi.org/10.1002/tea.21424>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. 2016. *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. PISA. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>.
- Palmquist, S., and K. Crowley. 2007. “From Teachers to Testers: How Parents Talk to Novice and Expert Children in a Natural History Museum.” *Science Education* 91, no. 5: 783–804. <https://doi.org/10.1002/sce.20215>.
- La Paro, K. M., B. K. Hamre, and J. Locasale-Crouch, et al. 2009. “Quality in Kindergarten Classrooms: Observational Evidence for the Need to Increase Children’s Learning Opportunities in Early Education Classrooms.” *Early Education & Development* 20, no. 4: 657–692. <https://doi.org/10.1080/10409280802541965>.
- Patrick, H., and P. Mantzicopoulos. 2015. “Young Children’s Motivation for Learning Science.” In *Research in Early Childhood Science Education*, edited by K. C. Trundle and M. Saçkes, 7–34. Springer.
- Patrick, H., P. Mantzicopoulos, and A. Samarapungavan. 2009. “Motivation for Learning Science in Kindergarten: Is There a Gender Gap and Does Integrated Inquiry and Literacy Instruction Make a Difference.” *Journal of Research in Science Teaching* 46, no. 2: 166–191. <https://doi.org/10.1002/tea.20276>.
- Pattison, S. A., and L. D. Dierking. 2019. “Early Childhood Science Interest Development: Variation in Interest Patterns and Parent–Child Interactions Among Low-Income Families.” *Science Education* 103, no. 2: 362–388. <https://doi.org/10.1002/sce.21486>.
- Piaget, J. 1973. *The Child and Reality: Problems of Genetic Psychology*. Grossman.
- Pianta, R. C., and T. Hofkens. 2023. “Defining Early Education Quality Using Class-Observed Teacher-Student Interaction.” *Frontiers in Psychology* 14: 1110419. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1110419>.
- Piekny, J., D. Grube, and C. Maehler. 2014. “The Development of Experimentation and Evidence Evaluation Skills at Preschool Age.” *International Journal of Science Education* 36, no. 2: 334–354. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.776192>.
- Pillinger, C., and E. J. Vardy. 2022. “The Story so Far: A Systematic Review of the Dialogic Reading Literature.” *Journal of research in reading* 45, no. 4: 533–548. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12407>.
- Platt, A. E. 2010. *Examining the Appropriateness of the PPVT-III as a Measure of Vocabulary Development in Linguistically Diverse Kindergarten Children [dissertation]*. University of Toronto. https://central.bac-lac.gc.ca/.item?id=TC-OTU-26430&op=pdf&app=Library&oclc_number=1033029044.
- Praetorius, A. K., and C. Y. Charalambous. 2018. “Classroom Observation Frameworks for Studying Instructional Quality: Looking Back and Looking Forward.” *ZDM* 50, no. 3: 535–553. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0>.
- Price, L. H., A. van Kleeck, and C. J. Huberty. 2009. “Talk During Book Sharing Between Parents and Preschool Children: A Comparison Between Storybook and Expository Book Conditions.” *Reading Research Quarterly* 44, no. 2: 171–194. <https://doi.org/10.1598/RRQ.44.2.4>.
- Raynal, A., H. Lavigne, M. Goldstein, and J. Gutierrez. 2022. “Starting With Parents: Investigating a Multi-Generational, Media-Enhanced Approach to Support Informal Science Learning for Young Children.” *Early Childhood Education Journal* 50, no. 5: 879–889. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01209-x>.
- Reeve, J., and C. M. Tseng. 2011. “Agency as a Fourth Aspect of Students’ Engagement During Learning Activities.” *Contemporary Educational Psychology* 36, no. 4: 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2011.05.002>.
- Rennie, L. J., and C. Howitt. 2020. “The Children’s Engagement Behaviour Framework: Describing Young Children’s Interaction With Science Exhibits and Its Relationship to Learning.” *International Journal of Science Education, Part B* 10, no. 4: 355–375. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1851425>.
- Rogoff, B. 1990. *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*. Oxford University Press.
- Rosseel, Y. 2012. “Lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling.” *Journal of Statistical Software* 48, no. 2: 1–36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>.
- Roßbach, H.-G., S. Blaurock, and C. Grosse, et al. 2024. “Quality of Learning Environments in Early Childhood.” In *Edition ZfE: Band 16. Educational Processes, Decisions, and the Development of Competencies From Early Preschool Age to Adolescence: Findings From the BiKS Cohort Panel Studies* edited by S. Weinert, H.-G. Roßbach, J. Maurice, H.-P. Blossfeld and C. Artelt, 55–90. Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer VS.
- Ryan, R. M., and E. L. Deci. 2000. “Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being.” *American Psychologist* 55, no. 1: 68–78. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.1.68>.
- Saçkes, M. 2014. “Parents Who Want Their Prek Children to Have Science Learning Experiences Are Outliers.” *Early Childhood Research Quarterly* 29, no. 2: 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2013.11.005>.
- Saçkes, M., K. C. Trundle, R. L. Bell, and A. A. O’Connell. 2011. “The Influence of Early Science Experience in Kindergarten on Children’s Immediate and Later Science Achievement: Evidence From the Early Childhood Longitudinal Study.” *Journal of Research in Science Teaching* 48, no. 2: 217–235. <https://doi.org/10.1002/tea.20395>.
- Sammons, P., K. Toth, K. Sylva, E. Melhuish, I. Siraj, and B. Taggart. 2015. “The Long-Term Role of the Home Learning Environment in Shaping Students’ Academic Attainment in Secondary School.” *Journal of Children’s Services* 10, no. 3: 189–201. <https://doi.org/10.1108/JCS-02-2015-0007>.
- van Schijndel, T. J. P., and M. E. J. Rajmakers. 2015. “Parent Explanation and Preschoolers’ Exploratory Behavior and Learning in a Shadow Exhibition.” *Science Education* 100, no. 1: 153–178. <https://doi.org/10.1002/sce.21193>.
- Schlesinger, L., and A. Jentsch. 2016. “Theoretical and Methodological Challenges in Measuring Instructional Quality in Mathematics Education Using Classroom Observations.” *ZDM* 48, no. 1–2: 29–40. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0765-0>.
- Schmerse, D., H. Dominke, J. Mohr, and M. Steffensky. 2024. “Children’s Understanding of Scientific Inquiry: The Role of Instructional Support and Comparison Making.” *Journal of Educational Psychology* 116, no. 2: 233–255. <https://doi.org/10.1037/edu0000836>.
- Seidel, T., and R. J. Shavelson. 2007. “Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results.” *Review of educational research* 77, no. 4: 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>.
- Shirefley, T. A., C. L. Castañeda, J. Rodríguez-Gutiérrez, M. A. Callanan, and J. Jipson. 2020. “Science Conversations During Family Book Reading With Girls and Boys in Two Cultural Communities.” *Journal of Cognition and Development* 21, no. 4: 551–572. <https://doi.org/10.1080/15248372.2020.1797750>.
- Short-Meyerson, K., S. Sandrin, and C. Edwards. 2016. “Gender Influences on Parent-Child Science Problem-Solving Behaviors.” *Journal of Research in Childhood Education* 30, no. 3: 334–348. <https://doi.org/10.1080/02568543.2016.1178194>.
- Shymansky, J. A., L. D. Yore, and B. M. Hand. 2000. “Empowering Families in Hands-On Science Programs.” *School Science and Mathematics* 100, no. 1: 48–58. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2000.tb17319.x>.

- Siegel, D. R., J. Esterly, M. A. Callanan, R. Wright, and R. Navarro. 2007. "Conversations About Science Across Activities in Mexican-Descent Families." *International Journal of Science Education* 29, no. 12: 1447–1466. <https://doi.org/10.1080/09500690701494100>.
- Silander, M., T. Grindal, N. Hupert, et al. 2018. *What Parents Talk About When They Talk About Learning: A National Survey About Young Children and Science*. Education Development Center, Inc., & SRI International.
- Sobel, D. M., S. M. Letourneau, C. H. Legare, and M. Callanan. 2021. "Relations Between Parent-Child Interaction and Children's Engagement and Learning at a Museum Exhibit About Electric Circuits." *Developmental Science* 24, no. 3: e13057. <https://doi.org/10.1111/desc.13057>.
- Solis, G., and M. Callanan. 2021. "Collaborative Inquiry or Teacher Talk? Parent Guidance During a Science-Related Activity in Mexican-Heritage Families From Two Schooling Groups." *Journal of Cognition and Development* 22, no. 3: 448–466. <https://doi.org/10.1080/15248372.2021.1901710>.
- Sonnenschein, S., H. Gursoy, and M. Stites. 2022. "Elementary School Children's Home Learning Environments: Mathematics, Reading, Science, and Written Language." *Education Sciences* 12, no. 5: 313. <https://doi.org/10.3390/educsci12050313>.
- Steffensky, M., Y. Anders, J. Barenthien, et al. 2018. "Early Steps into Science—EASI Science: Wirkungen Früher Naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf Die Naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern." In *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung "Haus der Kleinen Forscher": Vol. 10. Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder*. Barbara Budrich Publishers.
- Steidtmann, L., T. Kleickmann, and M. Steffensky. 2023. "Declining Interest in Science in Lower Secondary School Classes: Quasi-Experimental and Longitudinal Evidence on the Role of Teaching and Teaching Quality." *Journal of Research in Science Teaching* 60, no. 1: 164–195. <https://doi.org/10.1002/tea.21794>.
- Szechter, L. E., and E. J. Carey. 2009. "Gravitating Toward Science: Parent-Child Interactions at a Gravitational-Wave Observatory." *Science Education* 93, no. 5: 846–858. <https://doi.org/10.1002/sce.20333>.
- Tare, M., J. French, B. N. Frazier, J. Diamond, and E. M. Evans. 2011. "Explanatory Parent-Child Conversation Predominates at an Evolution Exhibit." *Science Education* 95, no. 4: 720–744. <https://doi.org/10.1002/sce.20433>.
- Tenenbaum, H. R., and M. A. Callanan. 2008. "Parents' Science Talk to Their Children in Mexican-Descent Families Residing in the Usa." *International Journal of Behavioral Development* 32, no. 1: 1–12. <https://doi.org/10.1177/0165025407084046>.
- Tenenbaum, H. R., and C. Leaper. 2003. "Parent-Child Conversations About Science: The Socialization of Gender Inequities?" *Developmental Psychology* 39, no. 1: 34–47. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.39.1.34>.
- To, C., H. R. Tenenbaum, and D. Wormald. 2016. "What Do Parents and Children Talk About at a Natural History Museum?" *Curator: The Museum Journal* 59, no. 4: 369–385. <https://doi.org/10.1111/cura.12174>.
- Trundle, K. C. and Saçkes, M., ed. 2015. *Research in Early Childhood Science Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0>.
- Tscholl, M., and R. Lindgren. 2016. "Designing for Learning Conversations: How Parents Support Children's Science Learning Within an Immersive Simulation: Parent-Child Science Learning Conversations." *Science Education* 100, no. 5: 877–902. <https://doi.org/10.1002/sce.21228>.
- Vallotton, C. D., A. Mastergeorge, T. Foster, K. B. Decker, and C. Ayoub. 2017. "Parenting Supports for Early Vocabulary Development: Specific Effects of Sensitivity and Stimulation Through Infancy." *Infancy: the official journal of the International Society on Infant Studies* 22, no. 1: 78–107. <https://doi.org/10.1111/infa.12147>.
- Vandermaas-Peeler, M., M. Mischka, and K. Sands. 2019. "What Do You Notice? Parent Guidance of Preschoolers' Inquiry in Activities at Home." *Early Child Development and Care* 189, no. 2: 220–232. <https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1310724>.
- Vygotsky, L. S. 1987. "Thinking and Speech." In *The Collected Works of L. S. Vygotsky: Vol. 1. Problems of General Psychology. Including the Volume "Thinking and Speech"*, edited by R. W. Rieber, A. S. Carton, L. S. Vygotsky, and J. S. Bruner, 37–285. Plenum Press.
- Wang, M. T., and J. Degol. 2013. "Motivational Pathways to STEM Career Choices: Using Expectancy-Value Perspective to Understand Individual and Gender Differences in STEM Fields." *Developmental Review* 33, no. 4: 304–340. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.08.001>.
- Wellman, H. M., and S. A. Gelman. 1992. "Cognitive Development: Foundational Theories of Core Domains." *Annual Review of Psychology* 43: 337–375. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.43.020192.002005>.
- Wiehle, K. 2016. *Alle Vier Jahreszeiten [All Four Seasons]*. Beltz & Gelberg.
- Wood, D., J. S. Bruner, and G. Ross. 1976. "The Role of Tutoring in Problem Solving." *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 17, no. 2: 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>.
- Zady, M. F., and P. R. Portes. 2001. "When Low-SES Parents Cannot Assist Their Children in Solving Science Problems." *Journal of Education for Students Placed at Risk (JESPAR)* 6, no. 3: 215–229. https://doi.org/10.1207/S15327671ESPR0603_4.
- Zhang, X., B. Y. Hu, L. Ren, and L. Zhang. 2019. "Family Socioeconomic Status and Chinese Children's Early Academic Development: Examining Child-Level Mechanisms." *Contemporary Educational Psychology* 59: 101792. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101792>.
- Zimmerman, H. T., S. Reeve, and P. Bell. 2010. "Family Sense-Making Practices in Science Center Conversations." *Science Education* 94, no. 3: 478–505. <https://doi.org/10.1002/sce.20374>.

Supporting Information

Additional supporting information can be found online in the Supporting Information section.

7. Gesamtdiskussion

Im Mittelpunkt dieser Dissertation stehen die Quantität und Qualität der naturwissenschaftlichen HLE. Dafür wurden drei Studien umgesetzt. Studie 1 untersuchte die Wechselwirkungen unterschiedlicher Faktoren der HLE quantitativ, um die Zusammenhänge der *Häufigkeiten* unterschiedlicher Typen von gemeinsamen Interaktionen mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder – sowie distalen familiären Faktoren – zu untersuchen. Der Fokus von Studie 2 lag auf einer systematischen, literaturbasierten Synthese übergeordneter Dimensionen, die in bisheriger Forschung zur *Qualität* von Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE als bedeutsam angenommen werden, sowie deren Zusammenhänge mit unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder. Aufbauend auf diesen konzeptuellen Ausarbeitungen wurde in Studie 3 ein Ratingsystem entwickelt. Darauf basierend wurden Untersuchungen zur Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE in einer alltäglichen Situation durchgeführt, und Zusammenhänge mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder untersucht. Während die einzelnen Ergebnisse in den jeweiligen Studien bereits ausgewertet und diskutiert wurden, sollen zentrale Befunde im Folgenden in einer Gesamtdiskussion zusammengeführt und in den übergeordneten Beitrag zur Forschung eingebettet werden. Darauf aufbauend werden Limitationen sowie Implikationen für zukünftige Forschungsvorhaben und die Praxis diskutiert.

7.1 Beitrag zur Forschung

Im Rahmen dieser Dissertation wurden die Interaktionen zwischen Elternteil und Kind als ein zentraler, proximaler Faktor für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder angenommen (vgl. Kapitel 2.3). Neben der Häufigkeit (Studie 1) wurde insbesondere die Qualität der gemeinsamen Interaktionen als wichtiger Faktor für die kindliche Entwicklung angesehen (Studie 2 und 3).

7.1.1 Übergeordnete Dimensionen der Interaktionsqualität und ihre Ausprägung

Im Rahmen von Studie 2 wurden anhand bisheriger Forschung zu Eltern-Kind-Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE übergeordnete Dimensionen der Interaktionsqualität identifiziert und darauf basierend Lücken in der bisherigen Forschung herausgearbeitet. Bisherige Studien fokussierten zumeist auf einzelne Aspekte von Interaktionsqualität, die Studie 2 in einen übergeordneten Zusammenhang zu bringen versuchte. Analog zu bisherigen Definitionen (Brito et al., 2014; Vallotton et al., 2017) wurde die emotional-motivationale Unterstützung der Elternteile als eine übergeordnete (generische) Dimension von Interaktionsqualität herausgearbeitet. Studien aus dem Review (Studie 2) hoben beispielsweise Aspekte wie das Teilen positiver Emotionen, das Verfolgen und Eingehen auf die kindlichen Interessen, das Herausfordern der Initiative des Kindes, oder Lob und Feedback hervor.

Von der emotional-motivationalen Unterstützung der Elternteile wird eine kognitiv-orientierte Dimension differenziert. Diese Unterscheidung findet Anschluss an bisherige Konzeptualisierungen der Interaktionsqualität in der HLE (mit einer generischen Perspektive) (Brito et al., 2014; Linberg et al., 2020; Roßbach et al., 2024). Diese generische kognitiv-orientierte Dimension konnte im Rahmen des Reviews darüber hinaus durch zwei unterschiedliche Facetten noch weiter differenziert werden.⁶ Die kognitive

⁶ Im Review wurden die kognitive Aktivierung und Unterstützung nicht als Facetten einer übergeordneten Dimension differenziert, sondern konzeptuell als nebeneinander vorliegenden Dimensionen betrachtet (dort Kategorien genannt). Diese Unterscheidung wurde vorgenommen, um einen besseren Überblick über die aktuelle Forschungslage zu erhalten. Wie in Studie 2 hervorgehoben, sind beide Dimensionen nicht komplett trennscharf. Daher wurden sie in Studie 3 aus einer theoretischen Perspektive als Facetten einer übergeordneten kognitiv-orientierten Dimension („*cognitive support*“) angesehen. Auch wenn diese Betrachtungsweisen hinsichtlich ihrer

Aktivierung – das Potenzial zur Herausforderung des Kindes zum vertieften Nachdenken – konnte als eine wichtige Facette kognitiv-orientierter Dimensionen identifiziert werden. Von der kognitiven Aktivierung wurde konzeptuell die kognitive Unterstützung, d.h. elterliche Unterstützungsmaßnahmen und *scaffolding*-Strategien während solch oft anspruchsvollen kognitiv aktivierenden Interaktionen, als eine weitere Facette kognitiv-orientierter Interaktionen unterschieden. Im familiären Kontext werden für kognitiv aktivierende Interaktionen insbesondere das Stellen offener Fragen oder das Einfordern von Begründungen und Vermutungen, für kognitiv unterstützende Interaktionen passende Hilfen oder prozedurales Feedback an das Kind als wichtig erachtet (z.B. Haden, 2010; Linberg et al., 2020; Roßbach et al., 2024; Tscholl & Lindgren, 2016; H. T. Zimmerman et al., 2010).

Darüber hinaus wurde in Studie 2 zwischen generisch kognitiv-orientierten und naturwissenschaftsspezifischen Dimensionen der Interaktionsqualität differenziert. Während generische Merkmale wie die kognitive Aktivierung und Unterstützung auf eine Förderung der Kinder in einem breiteren Sinne fokussieren und für unterschiedliche Förderbereiche von Bedeutung sind (für den familiären Kontext, siehe z.B. Bustamante et al., 2020; Pianta, 2004; Pillinger & Vardy, 2022; Roßbach et al., 2024), zielen domänenspezifische Merkmale auf eine Förderung der Kinder in einem spezifischen Förderbereich ab, sind sehr konkret für ihre jeweilige Domäne oder spielen in anderen Bereichen nur eine untergeordnete Rolle (Baron et al., 2023; Brunner, 2018; Mu et al., 2022; Roßbach et al., 2024). Die elterliche naturwissenschaftsspezifische Unterstützung umfasst daher Aspekte, die ausschließlich der naturwissenschaftlichen Domäne angehören oder eng mit dieser verbunden sind. Dies sind z.B. das Anregen zu Beobachtungen oder Vermutungen während naturwissenschaftlicher Interaktionen (Vandermaas-Peeler et al., 2018), oder Verknüpfungen zum naturwissenschaftlichen Alltag oder Vorwissen des Kindes (Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; Haden, 2010; Miller-Goldwater et al., 2023).

Insgesamt konnte Studie 2 die in bisherigen Studien zumeist isoliert betrachteten Operationalisierungen von Interaktionsqualität in einen übergeordneten Zusammenhang bringen. Sie bietet somit ein sparsames Modell, das anhand weniger übergeordneter, theoretisch und empirisch fundierter Dimensionen die Interaktionsqualität in der naturwissenschaftlichen HLE beschreibt. Anhand des in Studie 2 entwickelten Rahmens könnten die Ergebnisse zukünftiger Studien zudem besser vergleichbar gemacht und dadurch generalisierbarere Aussagen über die elterliche Unterstützung in Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE getroffen werden. Zudem konnten Forschungslücken aufgedeckt werden, die in Studie 3 adressiert wurden. Dies wird im Folgenden exemplarisch dargestellt und hinsichtlich der zentralen Erkenntnisse aus Studie 2 und 3 diskutiert.

Die elterliche (generische und domänenspezifische) kognitiv-orientierte Unterstützung

Hinsichtlich der Unterscheidung zwischen der kognitiven Aktivierung und der kognitiven Unterstützung finden die Ergebnisse aus Studie 2 Anschluss an bisherige Konzeptualisierungen zur Interaktionsqualität (oder ähnlichen Konstrukten wie *teaching* oder *instructional quality*) in der Kita oder Schule. So wird auch hier die kognitive Aktivierung oftmals als eine eigenständige Dimension (Kunter & Voss, 2013; Mu et al., 2022; Praetorius et al., 2018) oder als Facette übergeordneter Dimensionen (wie des *instructional support*, Pianta & Hofkens, 2023) hervorgehoben. Gleichmaßen wird auch die kognitive Unterstützung manchmal als eigenständige generische Dimension von Interaktionsqualität betrachtet (z.B. *cognitive support*; Kleickmann et al., 2020) oder als eine Facette übergeordneter

Hierarchie konzeptuelle Unterschiede aufzeigen, wird für eine einheitliche Nomenklatur im Folgenden von Facetten einer übergeordneten Dimension gesprochen. Auch im Schul- und Kitakontext liegen beide Betrachtungsweisen nebeneinander vor (z.B. Kleickmann et al., 2020; Pianta & Hofkens, 2023; Praetorius et al., 2018). Weitere Analysen der vorhandenen (oder neuen) Daten aus Studie 3 bezüglich ihrer Faktorstruktur könnten weitere Hinweise liefern, inwieweit von zwei unterschiedlichen Dimensionen oder von zwei Facetten einer Dimension gesprochen werden kann.

Dimensionen wie des *individual learning support* (Kunter & Voss, 2013) oder des *instructional support* (Pianta & Hofkens, 2023). Neben den Facetten der kognitiven Aktivierung und Unterstützung konnte die naturwissenschaftsspezifische Dimension als wichtige Dimension elterlicher Unterstützung identifiziert werden. Auch im Kontext der Unterrichtsforschung wird oftmals eine domänenspezifische Perspektive betont (Brunner, 2018; Kunter & Voss, 2013; Mu et al., 2022; Schlesinger & Jentsch, 2016), während eine solche konzeptuelle Unterscheidung für den familiären Kontext bislang seltener vorgenommen wurde (vgl. Roßbach et al., 2024; hier wird z.B. zwischen einer generischen, einer *Literacy*-spezifischen und Mathematik-spezifischen Dimension unterschieden). Weiterhin liegen aus dem schulischen Bereich Hinweise vor, dass domänenspezifische Aspekte von Interaktionsqualität insbesondere für die jeweilige domänenspezifische Entwicklung der Kinder wichtig ist, noch vor generischen Merkmalen (für eine Meta-Analyse, siehe Seidel & Shavelson, 2007). Merkmale einer domänenspezifischen Dimension (wie die fachliche Korrektheit) könnten sogar als eine Voraussetzung dafür gelten, dass generische Aspekte von Interaktionsqualität überhaupt erfolgreiche Lernprozesse bei den Kindern hervorrufen (Brunner, 2018; Brunner & Star, 2024), was eine zusätzliche Untersuchung domänenspezifischer Aspekte und eine differenzielle Betrachtung generischer und domänenspezifischer Aspekte plausibel macht (vgl. auch Mu et al., 2022; Schlesinger & Jentsch, 2016). Nichtsdestotrotz können Überschneidungspunkte zwischen generischen Merkmalen, insbesondere der kognitiven Aktivierung, und domänenspezifischen Merkmalen von Interaktionsqualität vorliegen (Brunner, 2018; Keller et al., 2024; Mu et al., 2022), und kognitiv aktivierende Merkmale können domänenspezifische Komponenten aufweisen, die sich je nach Domäne unterscheiden können (Keller et al., 2024; Praetorius & Gräsel, 2021). Inwieweit Merkmale der kognitiven Aktivierung und domänenspezifischen Merkmale allerdings zwei unterschiedliche Dimensionen oder zwei Facetten derselben Dimension darstellen, muss empirisch noch überprüft werden.

Im familiären naturwissenschaftlichen Kontext lagen solche konzeptuellen Unterscheidungen bislang seltener vor. Der Fokus lag vielmehr auf einzelnen Aspekten dieser in Studie 2 herausgearbeiteten übergeordneten Dimensionen. Die Erfassung dieser einzelnen Aspekte der Interaktionsqualität erfolgte zumeist über niedrig-inferente Häufigkeitszählungen (z.B. Booth et al., 2020; Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; H. T. Zimmerman et al., 2010). Aussagen über die Ausprägung der Qualität waren damit bislang nur begrenzt möglich. Beispielsweise muss die Häufigkeit offener Fragen nicht unbedingt linear mit der Ausprägung der Anregungsqualität zusammenhängen, da auch wenige, das Kind stärker aktivierende Fragen ein Kind länger und vertiefter zum Nachdenken anregen können als viele, weniger aktivierende Fragen (Price et al., 2009; Vandermaas-Peeler et al., 2019). Gleichzeitig lassen sich durch die reine Anzahl der Fragen auch weniger Aussagen über z.B. die Passung der Fragen treffen und inwieweit diese in der jeweiligen Situation angemessen für das Kind sind. Beispielsweise kann das eine Kind eher durch offene Fragen angeregt werden, während ein anderes Kind vielmehr durch geschlossene Fragen aktiviert wird.

Diese Lücken versuchte Studie 3 zu adressieren. Sie betrachtete die Ausprägung der elterlichen kognitiv-orientierten Unterstützung während einer gemeinsamen Vorlesesituation eines naturwissenschaftsspezifischen Bilderbuches. Die Qualität der Interaktionen wurde nicht anhand einzelner Aspekte, sondern anhand übergeordneter Dimensionen und mit einer breiteren Perspektive auf die Interaktionsqualität untersucht. Hinsichtlich der einzelnen Facetten der kognitiv-orientierten Dimensionen (sowohl generische und domänenspezifische Unterstützung durch die Elternteile) zeigte sich eine im Mittel eher geringe Ausprägung der Interaktionsqualität. Das bedeutet, dass die Kinder im Durchschnitt eher wenig kognitiv angeregt oder unterstützt wurden, und dass im Mittel wenige tiefergehende Dialoge über die unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Phänomene vorlagen. Somit ist das Potential, dass die Kinder kognitiv in die gemeinsamen Lernprozesse mit den Eltern involviert und aktiv an diesen beteiligt sind, eher gering, was sich potentiell auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen

der Kinder in diesen Situationen auswirken könnte. Dennoch ist hervorzuheben, dass Studie 3 erhebliche Varianzen zwischen den Familien aufzeigen konnte. Somit waren einige Eltern in hoch kognitiv aktivierenden und unterstützenden Interaktionen mit ihren Kindern engagiert, die starkes Potential hatten die Kinder in den naturwissenschaftlichen Lernprozessen zu involvieren und zu naturwissenschaftlichen Dialogen herauszufordern. Andere familiäre Interaktionen hatten diesbezüglich hingegen eher geringes Potential. Vergleiche zu bisheriger Forschung aus dem naturwissenschaftlichen Kontext lassen sich zwar schwer ziehen, da eine niedrig-inferente Erfassung der Interaktionen und eine unklare Konzeptualisierung Aussagen über die Ausprägung der Qualität erschwerten. Dennoch sind die in Studie 3 aufgefundenen Ergebnisse konsistent zu den in Kapitel 2.3.3 dargestellten ersten Befunden, die gleichermaßen auf geringere Ausprägungen der kognitiv-orientierten Interaktionsqualität hindeuten. Dies ist auch vergleichbar mit den Erkenntnissen aus der BiKS-Studie (Roßbach et al., 2024), die sich in einer familiären Vorlesesituation auf die Domänen *Literacy* und *Numeracy* fokussierte und ähnlich niedrige Ausprägungen in der Qualität kognitiv-orientierter Unterstützung auffand, besonders hinsichtlich domänenspezifischer Aspekte (vgl. dazu auch Clingenpeel & Pianta, 2007).

Die geringere Ausprägung der Qualität kognitiv-orientierter Interaktionen in einigen Familien könnte auf unterschiedliche Gründe zurückführbar sein. Vorherige Studien zeigten den Einfluss des naturwissenschaftlichen Vorwissens der Eltern (Eberbach & Crowley, 2017; Franse et al., 2020), aber auch der Kinder (Palmquist & Crowley, 2007) auf die Qualität der Interaktionen an. Daneben werden auch motivationale Einstellungen wie die Selbstwirksamkeitserwartung der Eltern (Silander et al., 2018; Sonnenschein et al., 2022) oder die wahrgenommene Wichtigkeit der Naturwissenschaft (Saçkes, 2014) als bedeutsam für die Qualität der Interaktionen in der HLE angesehen. Ebenso gelten die motivationalen Einstellungen der Kinder (Franse et al., 2021; Slim et al., 2022) sowie Faktoren wie ihr Geschlecht oder Alter (Crowley, Callanan, Tenenbaum, & Allen, 2001; Palmquist & Crowley, 2007; Valle & Callanan, 2006) als bedeutsame Einflüsse für die Interaktionsqualität. Auch die Auswahl der Materialien (Leech et al., 2020; Miller-Goldwater et al., 2023) oder des Settings (Siegel et al., 2007; Tenenbaum & Callanan, 2008) sind Aspekte, die die Interaktionsqualität bedingen können.

Daneben wurden die Familien in Studie 3 nicht explizit angeregt in kognitive Interaktionen zu treten (ihnen war freigestellt, die Interaktion so zu gestalten, wie es für sie natürlich erschien). Dementsprechend müssen die Familien auch nicht das explizite (Lern-)Ziel gehabt haben, in kognitiv aktivierende Dialoge zu treten und intensiver über die naturwissenschaftlichen Inhalte des Buches zu sprechen. Vielmehr könnten sie die Vorlesesituation als gemeinsame Freizeit betrachtet haben, in der die gemeinsame kognitiv-orientierte Interaktion nur einen Teil ausmacht (z.B. neben mehr emotional-motivationalen Aspekten) und naturwissenschaftliche Lernsituationen eher spontan als im Sinne zielgerichteter Interaktionen auftreten können (vgl. zu naturwissenschaftlichen Interaktionen in *leisure settings* auch Falk & Dierking, 2018; Falk & Storksdieck, 2010). Gerade unter diesem Gesichtspunkt ist dennoch hervorzuheben, dass einige Familien in kognitiv aktivierenden und unterstützenden Situationen interagierten und einige Familien, obwohl sie nicht dazu angeregt wurden, naturwissenschaftlichen Themen tiefgehend und detailreich erkundeten (vgl. Eberbach & Crowley, 2017, zu ähnlichen Befunden zu Interaktionen zur belebten Natur).

Die elterliche emotional-motivationale Unterstützung

Überraschenderweise zeigte Studie 2, dass sich bislang nur wenige Studien auf die emotional-motivationale Unterstützung der Eltern in gemeinsamen naturwissenschaftlichen Interaktionen fokussierten. Auch dabei wurde sich lediglich auf einzelne Aspekte dieser Qualitätsdimension bezogen. Ein Grund, dass bisherige Studien eher kognitiv-orientierte Aspekte analysierten, könnte sein, dass diese als unmittelbarer für das naturwissenschaftliche Lernen der Kinder angenommen werden (Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017) als emotional-motivationale Aspekte, die eher eine Voraussetzung

für kognitives Lernen darstellen könnten (Eccles & Wigfield, 2002; Ryan & Deci, 2000; s. dazu auch Studie 3). Dieser Befund ist insbesondere bemerkenswert, da bisherige Konzeptualisierungen die emotional-motivationale Dimension als wichtiges Konstrukt in gemeinsamen Interaktionen in der HLE ansehen (Brito et al., 2014; Linberg et al., 2020; Vallotton et al., 2017), oftmals noch vor mehr kognitiv-orientierten Dimensionen (Brito et al., 2014). Auch aus der Forschung zu naturwissenschaftlichen Interaktionen in außerhäuslichen Kontexten ist bekannt, dass für Familien die emotional-motivationalen Aspekte gemeinsamer Interaktionen eine mindestens genauso große Rolle spielen wie kognitiv-orientierte (Falk & Dierking, 2018; Falk & Storksdieck, 2010). Die Entwicklung von motivationalen Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften durch das Kind wird als ein wichtiges Ziel der *Scientific Literacy* angenommen (Anders et al., 2018; Bybee et al., 2009; Eshach, 2006). Zudem wird die Förderung positiver Emotionen und Motivation als eine Grundvoraussetzung dafür angesehen, dass (kognitives) Lernen überhaupt effektiv stattfinden kann (Eccles & Wigfield, 2002; Ryan & Deci, 2000; Wigfield et al., 2015).

Diese Forschungslücke aufgreifend wurde in Studie 3 die emotional-motivationale Unterstützung der Elternteile (positive Beziehung zwischen Elternteil und Kind, Autonomie- sowie Kompetenzunterstützung) während einer gemeinsamen, naturwissenschaftsspezifischen Vorlesesituation näher untersucht. Kongruent zu den in Kapitel 2.3.3 angedeuteten, ersten Befunden zeigten die Eltern insgesamt hohe Ausprägungen in ihrer emotional-motivationalen Unterstützung für das Kind während der gemeinsamen Interaktion, insbesondere in der positiven Beziehung zwischen Elternteil und Kind. Das bedeutet, dass Elternteil und Kind insgesamt viele positive Emotionen teilten, dass Elternteile geduldig mit ihrem Kind das Buch lasen und sich Zeit genommen haben, und dass die Interaktionen insgesamt in einer herzlichen und respektvollen Atmosphäre stattfanden. Dies spiegelt sich auch in bisherigen Befunden aus dem naturwissenschaftlichen Kontext wider (Szechter & Carey, 2009; van Schijndel & Raijmakers, 2015) und findet in anderen Domänen wie *Literacy* und *Numeracy* Entsprechung (Roßbach et al., 2024). Hinsichtlich der Autonomie- und Kompetenzunterstützung der Eltern lassen sich ebenfalls Ähnlichkeiten zu bisherigen Befunden aufdecken. Trotz interfamiliärer Varianzen (z.B., dass einige Familien mehr kind-, andere Familien mehr elternzentriert interagieren) sind diese tendenziell hoch ausgeprägt (Siegel et al., 2007; Sobel et al., 2021).

7.1.2 Zusammenhänge von Interaktionsqualität und -quantität mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder

Bislang ist wenig darüber bekannt, wie die Häufigkeit und Qualität gemeinsamer Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE mit den kindlichen Kompetenzen in einem Zusammenhang stehen. So zeigte auch Studie 2, dass bislang nur wenige Studien die Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und kindlichen Kompetenzen (wie dem naturwissenschaftlichen Wissen, motivationalen Orientierungen, Lernprozessen) untersuchten. Im Rahmen des systematischen Reviews konnte zudem gezeigt werden, dass insbesondere Aspekte der kognitiv-orientierten Unterstützung der Eltern (insbes. der kognitiven Aktivierung und naturwissenschaftsspezifischen Unterstützung) und deren Zusammenhänge mit den kindlichen Outcomes im Fokus der (wenigen) bisherigen Forschung standen. Die emotional-motivationale Unterstützung und ihre Zusammenhänge mit den Kompetenzen der Kinder fanden hingegen seltener Betrachtung. Auf Seiten der Outcomes wurde der Fokus hauptsächlich auf die Lernprozesse und das naturwissenschaftliche Wissen der Kinder gelegt. Nur selten wurden Zusammenhänge mit den motivationalen Orientierungen der Kinder untersucht, die in zukünftigen Forschungsvorhaben vermehrt adressiert werden sollten (vgl. auch Pattison & Dierking, 2019).

Studie 2 fand darüber hinaus stark gemischte Befunde zwischen Interaktionsqualität und Kindoutcomes. Diese konnte sie zwar systematisieren, aber keine Regelmäßigkeiten zu den Zusammenhängen der einzelnen Qualitätsdimensionen mit den unterschiedlichen Outcomes feststellen. Eine Ursache für

die gemischten Zusammenhänge aus Studie 2 könnten die individuellen Voraussetzungen der Kinder und Eltern sein. Einige Studien wiesen darauf hin, dass Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und Kindoutcomes je nach interindividuellen Voraussetzungen wie dem Alter der Kinder (Callanan et al., 2017; Valle & Callanan, 2006), ihrem Vorwissen (Palmquist & Crowley, 2007) oder motivationalen Orientierungen variieren (Franse et al., 2021). Neben den individuellen Voraussetzungen der Kinder spielen umgekehrt auch Voraussetzungen der Eltern eine Rolle für die Unterstützung ihrer Kinder in naturwissenschaftlichen Interaktionen, wie ihr naturwissenschaftliches Vorwissen oder Interesse, welches beispielsweise die Tiefe der gemeinsamen Dialoge beeinflussen kann (Bell et al., 2009; Eberbach & Crowley, 2017; Franse et al., 2020). Diese sollten in zukünftigen Forschungsvorhaben Berücksichtigung finden. Die Identifikation von Regelmäßigkeiten in den Zusammenhängen wurde zudem durch die uneinheitliche Konzeptualisierung und Operationalisierung von Interaktionsqualität (und der kindlichen Outcomes) erschwert. Der Fokus auf einzelne Aspekte von Interaktionsqualität führte zu eher isolierten Befunden. Klarere Konzeptualisierungen und Beschreibungen der verwendeten Messinstrumente könnten eine Identifikation dieser Zusammenhänge erleichtern.

Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder

Dies aufgreifend zeigte Studie 3, dass insbesondere (generische und domänenspezifische) kognitiv-orientierte Merkmale von Interaktionsqualität positiv mit dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder zusammenhängen. Die Befunde deuten somit an, dass die Eltern eine bedeutende Rolle spielen, ihre Kinder in gemeinsamen Interaktionen hinsichtlich ihres naturwissenschaftlichen Wissens zu fördern. Je mehr die Eltern die Kinder zum Nachdenken aktivieren, zu vertieften Dialogen herausfordern, und die Denkprozesse des Kindes unterstützen, desto höheres Wissen über naturwissenschaftliche Phänomene weisen die Kinder auf. Studie 3 ergänzte somit die bisherigen eher gemischten Ergebnisse (z.B. Bae et al., 2023; Booth et al., 2020; Eberbach & Crowley, 2017).

Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und den motivationalen Orientierungen der Kinder

Studie 2 zeigte zudem auf, dass bislang nur wenige Forschungsvorhaben die Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und den motivationalen Orientierungen der Kinder untersuchten. Studie 3 versuchte, diese Forschungslücken zu adressieren. Hinsichtlich der motivationalen Orientierungen wurden die Lernfreude und das Selbstkonzept der Kinder erhoben und mit einer breiteren Erfassung der Interaktionsqualität in einen Zusammenhang gebracht. Dabei wurden signifikant-positive Zusammenhänge zwischen den kognitiv-orientierten Merkmalen (sowohl generische als auch domänenspezifische Dimensionen) und der naturwissenschaftlichen Lernfreude der Kinder gefunden. Somit zeigt Studie 3 die wichtige Rolle der Eltern für die Förderung der naturwissenschaftlichen Motivation der Kinder auf. Für eine frühe Förderung der Lernfreude der Kinder sind daher insbesondere Interaktionen bedeutsam, in denen die Kinder zum vertieften Nachdenken über naturwissenschaftliche Phänomene herausgefordert und dabei unterstützt werden, sowie Interaktionen, in denen Eltern und Kinder vertieft über die naturwissenschaftlichen Phänomene sprechen. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit einigen wenigen Befunden aus dem häuslichen Kontext, die ebenfalls positive Beziehungen zwischen der kognitiv-orientierten Interaktionsqualität und der kindlichen Lernfreude in den Naturwissenschaften aufzeigten (Alvarez & Booth, 2016; Booth et al., 2020).

Zwischen den kognitiv-orientierten Dimensionen und dem naturwissenschaftlichen Selbstkonzept der Kinder wurden in Studie 3 allerdings keine signifikanten Zusammenhänge gefunden. Dies ist nicht übereinstimmend mit Befunden aus dem Kita-Kontext, die auf positive Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit und Qualität von Interaktionen mit dem naturwissenschaftlichen Selbstkonzept der Kinder hinweisen (Patrick & Mantzicopoulos, 2015; Patrick et al., 2009). Die Unterschiede zwischen Kita und familiärem Kontext könnten darauf zurückführbar sein, dass im Kitakontext Lernangebote strukturierter als im familiären Kontext vorliegen könnten, und dass strukturiertere Angebote, in denen

naturwissenschaftliches Lernen expliziter adressiert und unterstützt wird, wiederum das Selbstkonzept der Kinder mehr beeinflussen können als weniger strukturierte Angebote (Patrick et al., 2009). Weiterhin liegen Befunde vor, dass auch das Geschlecht als Moderator dieser Beziehungen eine Rolle spielen könnte. Beispielsweise fanden Oppermann et al. (2019) positive Beziehungen zwischen der Häufigkeit von naturwissenschaftsspezifischen Interaktionen und insbesondere dem Selbstkonzept der Jungen auf. Möglicherweise könnte auch das gemeinsame Vorlesen weniger spezifisch für die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Selbstkonzepts sein. Andere Aktivitäten mit eindeutigerem Naturwissenschaftsbezug wie das gemeinsame Experimentieren oder der Besuch eines naturwissenschaftlichen Museums könnten eventuell näher mit der Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Selbstkonzepts bei Kindern in einem Zusammenhang stehen.

Sowohl für das naturwissenschaftliche Wissen als auch die motivationalen Orientierungen konnten darüber hinaus Tendenzen gezeigt werden, dass die domänenspezifische Interaktionsqualität stärker mit den Kindoutcomes zusammenhängen als mehr generische Merkmale (wie die kognitive Aktivierung und Unterstützung). Dies weist auf die besondere Rolle domänenspezifischer Aspekte der Interaktionsqualität für die kindliche Entwicklung hin, was äquivalent zu den Befunden aus dem Schulkontext ist (Seidel & Shavelson, 2007).

Zusammenhänge zwischen der elterlichen emotional-motivationalen Unterstützung und den kindlichen Outcomes

Studie 3 adressierte zudem die Zusammenhänge zwischen der emotional-motivationalen Unterstützung der Eltern und den kindlichen Outcomes, die bislang wenig im Fokus der Forschung stand (Studie 2). Die emotional-motivationale Unterstützung der Eltern in den naturwissenschaftlichen Interaktionen hing nicht mit dem Wissen oder den motivationalen Orientierungen der Kinder zusammen. Dieses Ergebnis könnte unter anderem auf eine geringere Varianz der emotional-motivationalen Unterstützung über die Familien hinweg zurückführbar sein. Die emotional-motivationale Unterstützung der Elternteile stellt darüber hinaus eine generische Dimension von Interaktionsqualität dar, die, anders als die anderen Dimensionen, die zumindest teilweise naturwissenschaftsspezifische Aspekte aufweisen, wenige konkrete Bezüge zu naturwissenschaftlichen Inhalten hat. Dies könnte eine weitere mögliche Ursache dafür darstellen, dass die emotional-motivationale Unterstützung weniger mit der Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens oder motivationaler Orientierungen in einer Verbindung steht. Dieser Befund aus Studie 3 ist konträr zu den wenigen vorherigen Befunden aus dem naturwissenschaftlichen (Sobel et al., 2021; Szechter & Carey, 2009) sowie aus dem nicht-naturwissenschaftlichen Kontext (Bardack et al., 2017; Joussemet et al., 2008; NICHD ECCRN, 2001, 2004), die die Wichtigkeit von Aspekten dieser Dimension für die Kompetenzen der Kinder betonen. Aus dem naturwissenschaftlichen Kontext liegen allerdings erst wenige Studien vor, die diese Beziehungen analysieren. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sollte allerdings nicht angenommen werden, dass die emotional-motivationale Unterstützung der Eltern überhaupt nicht mit den kindlichen Kompetenzen zusammenhängt – vielmehr könnten komplexere Zusammenhänge denkbar sein. Kongruent mit einigen vorherigen Befunden (Callanan et al., 2017; Szechter & Carey, 2009; To et al., 2016) hingen alle Qualitätsdimensionen positiv mit den Lernprozessen der Kinder zusammen – insbesondere die emotional-motivationale Unterstützung. Von den Lernprozessen wiederum wird angenommen, dass sie die Effekte der Interaktionsqualität auf andere Outcomes mediiieren, sodass indirekte Effekte der emotional-motivationalen Unterstützung auf die kindlichen Outcomes vorliegen könnten. Aufgrund der geringen Stichprobengröße war es in der vorliegenden Arbeit nicht möglich, dies zu untersuchen. Zugleich wird auch die wichtige Rolle der emotional-motivationalen Unterstützung als eine Grundvoraussetzung dafür betont, dass kindliche Lernprozesse überhaupt effektiv stattfinden können, sodass auch zukünftige Vorhaben mehr auf diese wichtige Dimension fokussieren sollten.

Die (erwartbaren) positiven Zusammenhänge zwischen den Qualitätsdimensionen und den kindlichen Outcomes in Studie 3 lassen sich auch als erste Hinweise über die Kriteriumsvalidität des im Rahmen der Dissertation selbst entwickelten Ratingsystems deuten. Indem das Ratingsystem auf Grundlage der in Studie 2 synthetisierten Befunde von 81 Studien zu Eltern-Kind-Interaktionen im familiären Bereich entwickelt wurde, lassen sich außerdem erste Hinweise zur Inhaltsvalidität des Instruments finden. Dies könnte somit insgesamt auf die Validität der im Rahmen von Studie 3 gewonnenen Ergebnisse hindeuten. Aufgrund dessen könnte das Ratinginstrument auch vielversprechend sein, um in zukünftigen Studien Anwendung zu finden. So wäre es denkbar, dass anhand des hier entwickelten Instruments die Interaktionsqualität während anderer Aktivitäten erfasst wird, wie dem gemeinsamen Experimentieren oder in gemeinsamen Interaktionen im Museumskontext (ggf. mit Modifikationen).

Bedeutung von Interaktionshäufigkeit und -qualität für die kindlichen Outcomes

Studie 1 ergänzt die Befunde aus Studie 2 und 3, indem die Rolle der Interaktionshäufigkeit für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder beleuchtet wurde. Die Befunde zeigen, dass unter Kontrolle von kognitiven und sprachlichen Fähigkeiten, Alter und Geschlecht der Kinder sowie distalen familiären Merkmalen (wie familiärem SES, elterlichen naturwissenschaftlichen Orientierungen) insbesondere die Häufigkeit des *science talk* (Sprechen über alltägliche naturwissenschaftliche Inhalte) zwischen Elternteil und Kind – nicht aber die der *science experiences* (gemeinsames Buchlesen, Experimentieren, TV-Sendungen schauen) – mit dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder zusammenhängt. Studie 1 gibt somit erste Hinweise darüber, dass auch die Häufigkeit des Sprechens über naturwissenschaftliche Inhalte in der HLE einen wichtigen Faktor für das naturwissenschaftliche Wissen der Kinder darstellt, was die Bedeutung der Familie für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder betont. Konsistent zu diesen Befunden zeigten auch Westerberg et al. (2022) positive Zusammenhänge des *science talk* (dort *engagement about disciplinary core ideas* genannt) mit dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder, nicht aber mit den anderen dort untersuchten Interaktionstypen (z.B. *science and engineering practices*: Fragen aufwerfen, Vermutungen aufstellen, Ideen überprüfen). Diese Befunde spiegeln sich auch in sozio-kulturellen Lerntheorien wider, nach denen die sprachlichen Interaktionen zwischen Elternteil und Kind in Form von dialogischem Diskurs (z.B. über naturwissenschaftliche Phänomene) ein wesentliches Merkmal für die kognitiven Lernprozesse und somit für die Entwicklung des Kindes darstellen (Bell et al., 2009; Rogoff, 1990; Vygotsky, 1987). Diese sprachlichen Elemente in gemeinsamen naturwissenschaftlichen Interaktionen, z.B. in der Häufigkeit des gemeinsamen *science talk*, könnten somit als eine Grundvoraussetzung für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen des Kindes in der HLE gelten (vgl. Siegel et al., 2007; Tenenbaum & Callanan, 2008; Vedder-Weiss, 2022). Dies könnte möglicherweise auch die nicht signifikanten Zusammenhänge zwischen *science experiences* in der HLE und dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder erklären. Es ist unwahrscheinlich, dass Lernen während der *science experiences* (gemeinsame Nutzung von naturwissenschaftlichen Materialien, Medien) effektiv stattfindet, wenn nicht auch gleichzeitig qualitativ-hochwertige naturwissenschaftliche Gespräche in diesen *science experiences* vorliegen (Leech et al., 2020; Miller-Goldwater et al., 2023). Darauf aufbauend kann angenommen werden, dass neben der Häufigkeit auch die Qualität der gemeinsamen Gespräche über naturwissenschaftliche Phänomene eine große Rolle für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder spielt (Bae et al., 2023; Haden, 2010), also wie die Eltern ihre Kinder während des *science talk* unterstützen. Dies könnte sich z.B. auf das Stellen offener Fragen, das Verknüpfen zu vorher Erlebtem oder Erklärungen während solcher Gespräche (Callanan et al., 2017; Eberbach & Crowley, 2017; Miller-Goldwater et al., 2023) beziehen. Dies ergänzt die in Studie 3 aufgefundenen Ergebnisse zur Qualität gemeinsamer Interaktionen. Zusätzlich können sich auch die *science experiences* hinsichtlich ihres Anregungsgehaltes unterscheiden. Es gibt sehr anregende Materialien, die u.U. nicht so sehr verbreitet sind (vgl. Meyer et al., 2021; Miller-Goldwater et al., 2023), aber dennoch die kindliche Entwicklung positiv beeinflussen könnten. Dass

diese Materialien ggf. nicht so weit verbreitet sind, kann eine weitere Erklärung für die vorliegenden Ergebnisse aus Studie 1 darstellen.

Die Befunde aus Studie 1 und 3 deuten an, dass eine Verknüpfung von häufigen und dabei qualitativ hochwertigen Interaktionen insbesondere bedeutsam für das naturwissenschaftliche Wissen der Kinder sein könnte. Bislang untersuchten nur wenige Studien die Häufigkeit und Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE zugleich (Bae et al., 2023; Booth et al., 2020).

7.1.3 Zusammenhänge von Interaktionsqualität und -quantität mit distalen familiären Merkmalen

In Studie 1 konnten zudem Zusammenhänge zwischen distalen familiären Merkmalen (strukturelle familiäre Merkmale und elterliche naturwissenschaftliche Orientierungen) und der Häufigkeit des *science talk* aufgefunden werden. Dies zeigte Übereinstimmungen mit bisherigen Ergebnissen, die positive Zusammenhänge zwischen der Interaktionshäufigkeit und strukturellen familiären Merkmalen (DeWitt & Archer, 2017; X. He et al., 2023; Junge et al., 2021) sowie elterlichen naturwissenschaftlichen Orientierungen (Hightower et al., 2022; Šimunović & Babarović, 2020) aufzeigten. Außerdem ergänzte Studie 1 erste Befunde aus dem naturwissenschaftlichen Kontext, die auf Mediationseffekte zwischen strukturellen familiären Merkmalen sowie elterlichen Orientierungen und den kindlichen Kompetenzen mittels der häuslichen Interaktionen hinweisen (Junge et al., 2021). Konsistent mit bisherigen Befunden zeigte Studie 1, dass die Eltern desto häufiger mit ihren Kindern in den Naturwissenschaften interagieren, je positiver ihre Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften ausgeprägt sind (vgl. Hightower et al., 2022; Šimunović & Babarović, 2020). Dies wirkt sich dann wiederum positiv auf das naturwissenschaftliche Wissen der Kinder aus (vgl. Bae et al., 2023; Junge et al., 2021; Westerberg et al., 2022; diese mediierten Zusammenhänge gelten dabei nur für den *science talk*). Auch steht der SES in einem positiven Zusammenhang mit der Häufigkeit naturwissenschaftlicher Interaktionen in der HLE (vgl. DeWitt & Archer, 2017; X. He et al., 2023; Zhang et al., 2019), welche wiederum dessen Effekte auf die kindliche Entwicklung mediierten (Junge et al., 2021; nur für den *science talk*). Studie 1 zeigte, dass strukturelle Merkmale der Familie wesentliche Merkmale für die Häufigkeiten naturwissenschaftlicher Interaktionen in der HLE sind. Kinder aus Familien mit geringerem SES erhalten demnach tendenziell weniger häufige Unterstützung im familiären Rahmen (z.B. aufgrund geringerer finanzieller Mittel, die diese Unterstützung ermöglichen), was sich wiederum auf ihre naturwissenschaftlichen Kompetenzen auswirkt. Dies ist insbesondere für praktische Implikationen von Bedeutung, da gerade Familien mit geringerem SES adressiert werden sollten, um das naturwissenschaftliche Lernen unterstützen zu können und somit Bildungsungleichheiten ausgleichen zu können.

Bislang ist allerdings unklar, inwieweit diese Zusammenhänge auf die Qualität gemeinsamer Interaktionen übertragbar sind. Beispielsweise wurde in Studie 2 aufgezeigt, dass Studien, die die Qualität gemeinsamer Interaktionen berücksichtigen, zumeist nur auf Familien mit höherem Bildungsgrad fokussierten. Dies erschwert einerseits die Identifikation von Zusammenhängen zwischen strukturellen Merkmalen der Familie (wie dem elterlichen Bildungsgrad) und der häuslichen Anregungsqualität (vgl. auch die in Kapitel 2.4.1 dargestellten gemischten Befunde). Andererseits erschwert es, konkretere Implikationen für die Forschung und Praxis abzuleiten. Der Fokus sollte somit vermehrt auf Familien mit geringerem SES gelegt werden, um Maßnahmen zu schaffen, die strukturell bedingte Bildungsungerechtigkeiten ausgleichen können. Zudem stellen elterliche Voraussetzungen wie ihre Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften wesentliche Faktoren dar, die die Qualität der Interaktionen mit ihrem Kind in der naturwissenschaftlichen HLE beeinflussen könnte. Bislang fokussierten allerdings nur wenige Studien auf Zusammenhänge mit der Interaktionsqualität, zumeist nicht aus dem naturwissenschaftlichen Kontext (Jacobs & Eccles, 2000; Simpkins et al., 2012).

7.2 Limitationen

Eine zentrale Limitation der vorliegenden Arbeit ist das querschnittliche Design in allen vorliegenden Studien (Studie 1 und Studie 3, aber auch die meisten Untersuchungen aus dem Review in Studie 2). Dadurch ist es nicht möglich, Kausalitäten zwischen den einzelnen Faktoren zu untersuchen. So wäre es in Studie 1 beispielsweise ebenso möglich, dass erst dann mehr *science talk* in der naturwissenschaftlichen HLE vorliegt, wenn die Eltern bemerken, dass ihr Kind in den naturwissenschaftlichen Fächern der Schule gut abschneidet und hohes naturwissenschaftliches Wissen hat. Vermehrter *science talk* könnte sich dann wiederum darauf auswirken, dass die Eltern sich auch selbst mehr für naturwissenschaftliche Themen interessieren und mit diesen auseinandersetzen, was sich schließlich positiv auf ihre Orientierungen auswirken könnte. Diese andere Art der Betrachtung der Beziehungen gilt nicht nur hinsichtlich der Häufigkeit gemeinsamer naturwissenschaftlicher Interaktionen, sondern auch hinsichtlich ihrer Qualität. So könnten Eltern insbesondere dann z.B. in tiefergehende Dialoge mit ihren Kindern treten, wenn sie merken, dass diese bereits erstes Wissen über die besprochenen Themen haben und dieses vertiefen möchten, oder wenn die Kinder hohe Motivation zeigen, sich mit diesen Themen auseinanderzusetzen. Kausale Beziehungen und die Richtung dieser Effekte könnten erst in Studien mit mehr als einem Messzeitpunkt aufgedeckt werden. Bisher liegen nur sehr wenige Studien vor, die längsschnittliche Aussagen über die Kausalität der Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und kindlichen Outcomes machen können - und die in dieser Arbeit präsentierten theoretischen Annahmen unterstützen (Bae et al., 2023; Tenenbaum et al., 2005). Dennoch können aufgrund der geringen Befundlage noch keine definitiven Schlussfolgerungen gezogen werden und zukünftige Studien sollten dies adressieren. Zudem liegen (nach bisherigem Wissensstand) keine Studien vor, die die längsschnittlichen Auswirkungen der *Häufigkeit* von Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder untersuchten, sodass auch diesbezüglich kaum Aussagen über kausale Zusammenhänge gezogen werden können.

Eine weitere zentrale Einschränkung in Studie 2 und 3 stellt die eingenommene Perspektive auf Interaktionsqualität dar. Die in Studie 2 herausgearbeiteten Dimensionen wurden anhand von Codingverfahren ermittelt, die auf theoretischen Vorüberlegungen und damit interpretativen Einschätzungen beruhen, und darüber hinaus auch im Rahmen von Studie 3 Anwendung fanden. Somit stellt die eingenommene nicht die einzige Sichtweise auf naturwissenschaftliche Eltern-Kind-Interaktionen dar, und es muss betont werden, dass auch andere Perspektiven auf dieses Konstrukt denkbar sind. Einige Studien des Reviews fokussierten z.B. auch auf *Numeracy*-spezifische Aspekte in naturwissenschaftlichen Interaktionen (z.B. Fische im Aquarium zählen, Bäume in einem Buch zählen, K. R. Kelly et al., 2022; Mantzicopoulos et al., 2013), oder rollenspielerische Elemente in gemeinsamen Interaktionen (Shirefley et al., 2020; Tenenbaum et al., 2005). Diese fanden in der vorliegenden Arbeit keine Berücksichtigung, könnten aber dennoch wichtige Merkmale hoch-qualitativer Interaktionen spielen.

Weiterhin könnte die Generalisierbarkeit der Studien eingeschränkt sein wie eine Übertragung der Ergebnisse auf unterschiedliche Kulturkreise oder Länder. Studie 1 und 3 beispielsweise fokussierten auf Stichproben mit hauptsächlich aus Deutschland stammenden Familien, und auch Studie 2 macht deutlich, dass die meisten Studien zur Qualität naturwissenschaftlicher Eltern-Kind-Interaktionen aus dem US-amerikanischen Kontext mit (weißen) europäisch-amerikanischen Familien stammen. Dieser relativ homogene Fokus auf Familien aus westlichen, industrialisierten Staaten lässt wenige Schlussfolgerungen zu, inwieweit die vorliegenden Befunde auf Familien anderer Kulturkreise oder Länder übertragbar sind, die sich hinsichtlich der Quantität oder Beschaffenheit in naturwissenschaftlichen Interaktionen von anderen Kulturen unterscheiden könnten (Gutiérrez & Rogoff, 2003; Rogoff, 1990; Rogoff et al., 2016). Somit könnte die naturwissenschaftliche HLE kulturelle Unterschiede aufweisen, die in zukünftigen Studien näher betrachtet werden sollten. Eine weitere Einschränkung der Generalisierbarkeit ergibt sich durch die Stichprobenselektion. Zunächst waren die Stichprobengrößen der Studien des

Reviews sowie der aus Studie 3 eher gering, was eine Generalisierbarkeit der Befunde auf eine größere Population erschwert. Der Fokus in beiden Studien lag auf Familien mit überdurchschnittlichem Bildungsgrad. Diese Selektivität bedingt, dass eher bekannt ist, wie bildungsnahe Familien mit ihren Kindern in den Naturwissenschaften interagieren. Die vorliegenden Befunde müssen unter dieser Limitation betrachtet werden. Auch vorherige Studien zeigen auf, dass es oftmals schwierig ist, die HLE von Familien mit niedrigerem SES zu beobachten (Leseman & van den Boom, 1999). Doch da gerade diese Familien oftmals vor vermehrten Herausforderungen stehen, sollten zukünftige Forschungsvorhaben ihren Fokus mehr auf bildungsbenachteiligte Familien lenken, um deren HLE besser zu verstehen und den Kindern aus diesen Familien bestmögliche Förderung bereitstellen zu können.

Eine weitere Limitation in Studie 1 und 3 stellt der Fokus auf eine begrenzte Auswahl von gemeinsamen Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE dar. Studie 3 fokussierte auf eine Vorlesesituation eines vorgegebenen Buches, während auch Studie 1 designbedingt nur den Fokus auf einige ausgewählte Interaktionen zuließ. Die Auswahl weiterer Interaktionen (wie z.B. vorgeschlagen bei Lin & Schunn, 2016; Westerberg et al., 2022) könnte weitere Auskünfte geben, wie sich die Häufigkeiten anderer Interaktionstypen bzw. die Qualität innerhalb anderer Interaktionen auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder auswirken. So ist es denkbar, dass Eltern ihre Kinder in anderen Situationen, die z.B. mehr auf das prozess-orientierte Interagieren in den Naturwissenschaften fokussieren (z.B. Experimentieren), anders unterstützen als in einer Vorlesesituation (vgl. Studie 3). Vorherige Befunde weisen jedoch darauf hin, dass die Qualität der Interaktionen relativ stabil über verschiedene Situationen und eine zeitliche Dimension hinweg ist (Camilleri et al., 2021; Leichtman et al., 2017; Roßbach et al., 2024), was insbesondere für domänenspezifische Aspekte der Interaktionsqualität zu gelten scheint (Roßbach et al., 2024). Dennoch sollten in zukünftigen Studien auch weitere als die hier betrachteten Interaktionen und Interaktionstypen Berücksichtigung finden.

Weiterhin ist der alleinige Fokus auf die Zusammenhänge zwischen Interaktionshäufigkeit und dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder in Studie 1 limitierend. Somit ist es nicht möglich, konkretere Aussagen zu treffen, inwieweit die Interaktionshäufigkeit auch mit den motivationalen Orientierungen und Lernprozessen der Kinder zusammenhängt, was Vergleiche mit den anderen beiden Studien und auch konkretere Implikationen für Forschung und Praxis erschwert.

Zuletzt ist einschränkend zu erwähnen, dass die vorliegenden Studien 2 und 3 einen breiten Fokus auf die Interaktionsqualität einnehmen daher weniger konkrete Aussagen darüber gemacht werden können, welche spezifischen elterlichen Verhaltensweisen mit einem spezifischen Kindoutcome zusammenhängen.

7.3 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit gibt neue Einblicke in die naturwissenschaftliche HLE mit einem besonderen Fokus auf die darin stattfindenden Interaktionen zwischen Elternteil und Kind. Die bedeutsame Rolle der Familie für die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen der Kinder konnte in drei aufeinander aufbauenden Studien gezeigt werden. Bislang war wenig über die Bedeutung der Häufigkeit und der Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE bekannt, und inwieweit diese mit distalen Merkmalen und den kindlichen Kompetenzen in den Naturwissenschaften in Verbindung stehen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wiesen auf die Bedeutung häufiger naturwissenschaftsbezogener Interaktionen, insbesondere der Häufigkeit der gemeinsamen naturwissenschaftlichen Gespräche, hin. Darauf aufbauend konnte aufgezeigt werden, dass auch die Qualität der elterlichen Unterstützungsmaßnahmen während der gemeinsamen

naturwissenschaftlichen Gespräche und Interaktionen einen großen Stellenwert für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder hat.

Bislang lag ein eher fragmentiertes Verständnis von Interaktionsqualität in der naturwissenschaftlichen HLE vor. In der vorliegenden Dissertation konnte ein konzeptueller Rahmen von Interaktionsqualität anhand theoretischer Überlegungen und empirischer Befunde ausgearbeitet werden (Studie 2), der bisherige Ergebnisse besser einordnen macht und womöglich eine Orientierung für zukünftige Studien darstellen könnte. Zudem konnten Forschungslücken aufgedeckt werden, die in einer darauffolgenden Studie (Studie 3) dann gezielt adressiert werden konnten, was bisherige Befunde ergänzte, aber auch neue Einblicke in bislang weniger beleuchtete Aspekte von Interaktionsqualität gab.

Darüber hinaus wiesen bisherige Befunde zu Zusammenhängen zwischen Interaktionsqualität und kindlichen Outcomes auf eher gemischte, fragmentierte Befunde hin. Diese konnten durch die Systematisierung dieser Zusammenhänge strukturiert (Studie 2) und darauffolgend durch eine Erfassung von Interaktionsqualität anhand übergeordneter Dimensionen und der Ermittlung der entsprechenden Zusammenhänge ergänzt werden (Studie 3). Zudem ergänzten diese Befunde die Erkenntnisse aus Studie 1, die neben der Qualität auch die Bedeutung der Häufigkeit gemeinsamer Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE betont. Insgesamt zeigte die vorliegende Arbeit damit die wichtige Rolle der Eltern für die Förderung der naturwissenschaftlichen Entwicklung ihrer Kinder auf. Zugleich ermöglichten die unterschiedlichen methodischen Perspektiven (quantitative Analysen, literaturbasierte Synthese, Beobachterratings) unterschiedliche und neue Sichtweisen auf die *Home Science Environment*, mit neuen konzeptuellen Ideen zur ganzheitlichen Erfassung der Interaktionsqualität.

Auf Basis der Ergebnisse dieser Arbeit ergeben sich weitere Forschungsdesiderata, die in zukünftiger Forschung adressierbar sind. Bislang ist sehr wenig über die Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und -quantität und den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder bekannt. Insbesondere wird sich selten auf die Entwicklung motivationaler Orientierungen in den Naturwissenschaften fokussiert (Alvarez & Booth, 2016; Mantzicopoulos et al., 2013) oder das prozessbezogene Wissen der Kinder (z.B. Mantzicopoulos et al., 2013; Vandermaas-Peeler et al., 2019; Vandermaas-Peeler et al., 2018). Es sind somit weitere Forschungsvorhaben notwendig, die die in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse untermauern, und ggf. die hier aufgefundenen Zusammenhänge replizieren – mit einem besonderen Fokus auf die Entwicklung motivationaler Orientierungen und prozessbezogenem Wissen. Dies könnte konkretere Aussagen über die Zusammenhänge zwischen Interaktionsqualität und -quantität und den kindlichen Outcomes zulassen sowie konkretere Implikationen für die Praxis ableitbar machen.

Darüber hinaus wäre es für die weitere Forschungspraxis interessant zu schauen, inwieweit distale Faktoren wie der familiäre SES und elterlichen Orientierungen die *Qualität* der Interaktionen beeinflussen, wozu bislang nur vereinzelte Befunde vorliegen (und sich auch die vorliegende Arbeit vorwiegend auf deren Zusammenhänge mit der *Quantität* der Interaktionen befasste). Daraus könnten sich auch klarere Implikationen für die Praxis ableiten lassen, z.B. inwieweit gerade Familien mit geringerem SES in den Interaktionen mit ihren Kindern unterstützt werden können, oder inwieweit Eltern, die die naturwissenschaftliche Bildung in der HLE als weniger wichtig oder interessant betrachten, gezielter adressiert und für diese ggf. auch die Naturwissenschaften interessanter gemacht werden können. Gerade diesbezüglich sollten sich zukünftige Forschungsdesiderata vermehrt mit der Frage von SES-bezogenen Unterschieden in der HLE auseinandersetzen, da sich die meisten Studien (auch die vorliegende) nur wenige Familien von geringerem SES einbeziehen, die gerade durch gezielte Fördermaßnahmen adressiert werden sollten. Weitere Forschung dazu könnte klarere Hinweise liefern, wie gerade benachteiligte Familien besser unterstützt werden können, um klarere Empfehlungen für die Praxis aussprechen zu können.

Weiterhin ergeben sich aus der separaten Betrachtung über die Quantität und Qualität der Interaktionen in der vorliegenden Arbeit Fragen, inwieweit die Häufigkeit und Qualität der Interaktionen zusammenhängen, und inwieweit ein Zusammenspiel beider Faktoren gerade bedeutsam für die kindlichen Kompetenzen ist. Empirische Hinweise dazu könnten auch für die Praxis bedeutsam sein, um z.B. herauszufinden und Empfehlungen aussprechen zu können, inwieweit bereits seltener vorliegende, aber dafür qualitativ bedeutsame Interaktionen eine Relevanz für die kindlichen Kompetenzen in den Naturwissenschaften haben – insbesondere unter der Prämisse, dass die Naturwissenschaften in der HLE oftmals unterrepräsentiert sind und (generell) weniger häufig auftreten im Gegensatz zu anderen Domänen (Saçkes, 2014; Sonnenschein et al., 2022).

Auch sind im Rahmen der Forschung zur *Home Literacy* und *Home Numeracy Environment* auch domänenübergreifende Effekte bekannt, wozu für den naturwissenschaftlichen Bereich kaum Befunde vorliegen. Um ein kompletteres Bild zu schaffen, könnten auch Einflüsse *Literacy*- oder *Numeracy*-bezogener Interaktionen betrachtet werden, um die Auswirkungen der Förderung in anderen Bereichen auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder besser zu verstehen und welche Elemente anderer Domänen auch für die naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder von Bedeutung sind. Dies könnte es zudem erleichtern, die Dimensionalität der HLE besser begreifen zu können, also inwieweit die unterschiedlichen Förderbereiche überhaupt voneinander abtrennbar sind.

Zudem könnten längsschnittliche Studien zu den hier dargestellten Desiderata nähere Auskünfte über die Richtung der Zusammenhänge geben. Dies könnte auch für die Praxis konkretere Hinweise darüber liefern, welche Faktoren der HLE insbesondere adressiert werden müssen, um die Entwicklung der Kinder in der HLE bestmöglich zu fördern.

Weitere Forschungsdesiderata könnten sich außerdem den geschlechtsspezifischen Unterschieden zwischen Jungen und Mädchen innerhalb der HLE widmen. Allgemein werden die Naturwissenschaften als „männliche“ Domäne wahrgenommen, und Frauen sind in naturwissenschaftlichen Berufen deutlich unterrepräsentiert (Wang & Degol, 2013), obwohl sich Jungen und Mädchen hinsichtlich ihrer naturwissenschaftlichen Kompetenzen wenig unterscheiden (Mullis et al., 2020; OECD, 2019). Auch wenn die naturwissenschaftliche HLE als ein Faktor (neben vielen) genannt wird, der geschlechtsspezifische Unterschiede evozieren kann (Alexander et al., 2012; DeWitt et al., 2013; Wang & Degol, 2013), sind die genauen Mechanismen, die für diese Ungleichheiten sorgen, noch immer nicht ausreichend erforscht, und viele gemischte Befunde liegen vor. Die vorliegende Arbeit fand (erfreulicherweise) keine geschlechtsspezifisch unterschiedliche Förderung in der HLE, z.B. hinsichtlich der Häufigkeit oder der Qualität der naturwissenschaftlichen Interaktionen in der HLE, die diese Unterschiede erklären könnte. Weitere Forschungsvorhaben könnten jedoch analysieren, inwieweit es geschlechtsspezifische Unterschiede in den *Zusammenhängen* zwischen Quantität/Qualität und den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder gibt, d.h., ob Mädchen und Jungen unterschiedlich von den häuslichen Angeboten profitieren. Beispielsweise ist aus dem Kita-Kontext bekannt, dass insbesondere Jungen durch häufige Angebote ein höheres naturwissenschaftliches Selbstkonzept aufbauen (Oppermann et al., 2019), was ggf. auch im familiären Kontext Entsprechung finden könnte. Weitere diesbezügliche Forschung könnte auch Implikationen für die Praxis bringen, mit dem Ziel, Bedingungen zu identifizieren, um insbesondere Mädchen in der naturwissenschaftlichen HLE zu fördern.

Neben dem Geschlecht der Kinder spielen auch weitere individuelle Voraussetzungen eine Rolle für gelingende Lernprozesse in der HLE. Wie oben bereits ausgeführt, sollten auch z.B. das Alter, motivationale Orientierungen, oder kognitive und sprachliche Fähigkeiten und deren Zusammenhänge mit der häuslichen Interaktionsqualität näher beleuchtet werden. Eine nähere Betrachtung dieser Punkte könnte schließlich auch konkretere Hinweise für die Eltern bedeuten, wie sie ihre Kinder nach ihren individuellen Bedürfnissen adäquat unterstützen können.

Weitere Forschungsdesiderata betreffen die Messung der Interaktionsqualität in der naturwissenschaftlichen HLE. Es liegen bislang nur begrenzte Befunde über die Validität des verwendeten Messinstruments vor, sodass diesbezüglich weitere Erkenntnisse (z.B. Experteneinschätzungen, Korrelationen mit ähnlichen Instrumenten) eingeholt werden sollten. Weiterhin wurde in Studie 3 eine additive Perspektive auf Interaktionsqualität eingenommen, indem generische und domänenspezifische Dimensionen konzeptuell voneinander getrennt vorlagen (neben integrativen oder inklusiven Sichtweisen, in welchen diese Dimension weniger stark getrennt werden; Brunner, 2018). Die Rationale dahinter war, dass insbesondere im familiären Rahmen auch spontane Interaktionen zu anderen Förderbereichen wie der *Numeracy* oder *Literacy* auftreten (wie das Zählen von Pflanzen oder Tieren, oder das Vorlesen der (wenigen) Textbausteine im Buch) und generische Aspekte wie das Stellen offener Fragen auch hier eine Rolle spielen könnten, die die Interaktionsqualität beeinflussen (sodass eine rein domänenspezifische Perspektive nicht ausreichend gewesen sein könnte). Es bleibt allerdings weiterhin eine offene Frage, inwieweit diese additive Sichtweise für den familiären Kontext geeignet ist. Beispielsweise wären auch andere Perspektiven wie eine integrative oder inklusive Sichtweise denkbar – zumal in Studie 3 moderate Korrelationen zwischen generischen und domänenspezifischen Dimensionen aufgezeigt wurden (und damit ggf. domänenspezifische Elemente in generischen Aspekten auftreten können, was eine zumindest integrative Sichtweise rechtfertigen könnte). Diese Frage zur einzunehmenden Sichtweise sollte durch zukünftige Forschungsvorhaben näher erkundet werden.

Schließlich konnte durch die breite Perspektive auf Interaktionsqualität nicht genau herauskristallisiert werden, welche elterlichen Verhaltensweisen besonders für das Lernen der Kinder in den Naturwissenschaften bedeutsam war. Genauere Analysen dazu wären z.B. mit anderen Methoden möglich, wie mikroanalytischen Verfahren z.B. zum Frageverhalten der Elternteile. Zukünftige Studien sollten eine Abwägung beider Verfahren (niedrig- vs. hoch-inferent) mit deren Grenzen und Chancen vornehmen, um einerseits aufzuzeigen, dass eine breite Perspektive keine individuellen Verhaltensweisen der Elternteile fokussieren kann, eine mikroanalytische Perspektive hingegen wichtige Merkmale der Interaktionsqualität unberücksichtigt lässt (Bardack et al., 2017). Ein Vergleich beider Verfahren in der Messung der Qualität häuslicher Lernprozesse könnte nähere Aufschlüsse geben. Bislang liegen jedoch nur wenige Vorhaben mit einer breiten Perspektive auf Interaktionsqualität vor. Weitere Untersuchungen mit einer breiteren Perspektive könnten daher das Verständnis der Interaktionsqualität in der naturwissenschaftlichen HLE noch weiter vertiefen. Dabei könnten auch Einblicke in bislang weniger beleuchtete Aspekte, wie die elterliche emotional-motivationale Unterstützung während der gemeinsamen naturwissenschaftlichen Interaktionen gegeben werden. Auch könnten andere naturwissenschaftliche Settings und Aktivitäten mit einer breiteren Perspektive auf Interaktionsqualität beleuchtet werden, um konkretere Aussagen treffen zu können, wie die Eltern das Lernen ihrer Kinder in der naturwissenschaftlichen HLE unterstützen.

Praktische Implikationen dieser Arbeit wären Unterstützungsformate für Eltern wie Handreichungen oder Forschungsboxen mit niedrigschwelligen Anregungen (vgl. Gutwill & Allen, 2010; Harris & Winterbottom, 2018; Kaderavek et al., 2020). Diese könnten auch Schnittstellen mit anderen Inhaltsbereichen wie *Literacy* oder *Numeracy* aufweisen, zu denen Eltern oftmals mehr Berührungspunkte haben (Strickler-Eppard et al., 2019; Vandermaas-Peeler et al., 2018). Beispielsweise könnten analog zu den Techniken des dialogischen Lesens (Pillinger & Vardy, 2022; Whitehurst & Lonigan, 1998) prägnante Anweisungen für Techniken für den naturwissenschaftlichen Bereich entwickelt werden, die auch einen sprachlichen Bezug haben können. Möglicherweise kann die vorliegende Arbeit als ein Rahmen dafür herangezogen werden. Eine weitere praktische Implikation kann sich durch einen (noch) stärkeren Austausch der Fachkräfte aus dem Erziehungs- und Bildungssektor (z.B. pädagogische Fach- oder Lehrkräfte) mit der Familie in Bezug auf das (früh-)kindliche Lernen in den Naturwissenschaften ergeben. Einerseits können dies Beratungen für die Eltern zu konkreteren Maßnahmen zur Unterstützung

gezielter Förderaspekte innerhalb der HLE betreffen, z.B. im halbjährigen Dialog zwischen Fachkraft und Elternteil über den Entwicklungsstand des Kindes, in längeren Gesprächen zu den Abholzeiten der Kinder, oder an Tagen, in denen die Kita spezifischere Angebote (für Eltern und Kinder) zur Verfügung stellt. Gerade die vorliegende Arbeit könnte für Fachkräfte konkretere Maßnahmen oder eine Orientierungshilfe bedeuten, anhand derer sie Eltern bezüglich ihrer Interaktionen mit ihren Kindern in der naturwissenschaftlichen HLE beraten könnten. Dies könnte eine Chance für Familien mit geringerem SES sein, die gerade durch erfahrenere und ausgebildete Fachkräfte wertvolle Hinweise erhalten könnten, aber auch an Familien, die naturwissenschaftliche Themen mehr in ihrem Alltag integrieren möchten, bislang aber weniger Ideen oder Möglichkeiten dazu hatten. Es ist zu erwähnen, dass diese Beratungen nicht nur durch Fachkräfte, sondern auch durch andere (Bildungs-)Institutionen oder sogar im Rahmen eines Forschungskontexts (bspw. in einer Interventionsstudie) erfolgen kann. Jedoch stellen die Fachkräfte vermutlich die unmittelbarste Schnittstelle für Eltern dar, um Anregungen zu geben. Indem Elternteilen konkretere Maßnahmen an die Hand gegeben werden, könnte dies auch deren Rollenverständnis für die Förderung in der HLE positiv beeinflussen und sich schließlich auf die Entwicklung des Kindes auswirken (Hoover-Dempsey & Sandler, 2005). Einige Befunde aus der naturwissenschaftlichen HLE weisen beispielsweise auf die positiven Effekte bereits sehr kurzer Interventionen, die einen ähnlichen Umfang und Aufbau wie solche potentiellen Handreichungen oder informellen Elterngespräche haben, auf die Eltern-Kind-Interaktionen in den Naturwissenschaften hin (Callanan et al., 2017; Gutwill & Allen, 2010; Vandermaas-Peeler et al., 2018), auch wenn bislang weniger über die längerfristigen Wirkungen dieser Kurzinterventionen und deren Effekte auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder bekannt ist. Andererseits können dies auch Maßnahmen betreffen, um Eltern mehr im schulischen oder vorschulischen Bildungskontext einzubinden, wie das stärkere Involvieren der Eltern in die Planung und Ausführung von (naturwissenschaftsbezogenen) Ausflügen oder Festen.

Solche Kurzinterventionen oder das stärkere Involvieren der Eltern in außerschulische Lernumwelten des Kindes könnten sich sowohl auf die selbstwahrgenommene Bedeutung der Eltern für das Lernen des Kindes als auch auf die elterlichen Orientierungen gegenüber den Naturwissenschaften auswirken. Diese sind im Vergleich zu anderen Domänen (z.B. aufgrund wenig positiver (Schul-)Erfahrungen) zu meist geringer ausgeprägt, stehen aber mit den Interaktionen in der HLE in einem engen Zusammenhang, wie in dieser Arbeit gezeigt werden konnte. Diese können sich somit auch auf die kindliche Entwicklung auswirken. Durch das gezielte Involvieren der Eltern in naturwissenschaftsbezogene Interaktionen mit ihren Kindern und das Aufzeigen effizienter Gesprächsstrategien könnten die Eltern ein höheres Interesse oder Selbstkonzept in den Naturwissenschaften entwickeln (Kaya & Lundeen, 2010), was ggf. in häufigere und qualitativ bedeutsamere Interaktionen münden könnte (z.B. gerade für solche Eltern, die ohnehin geringere Orientierungen zu den Naturwissenschaften haben). Dazu gehört allerdings auch herauszustellen, dass die Eltern oftmals bereits mehr naturwissenschaftliche Themen mit ihren Kindern erkunden, als ihnen bewusst ist (Bell et al., 2009; Hightower et al., 2022; Silander et al., 2018).

Insgesamt konnte die vorliegende Arbeit die Wichtigkeit der gemeinsamen Interaktionen in der HLE für die Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder herausarbeiten. Naturwissenschaftliche Kompetenzen wie das Wissen, die Motivation und die Lernprozesse der Kinder werden als prädiktiv für den (späteren) Schulverlauf angesehen. Familien kommt also bereits im (früh)kindlichen Bereich neben Kita oder Schule eine wichtige Rolle für die (kurz- und langfristige) naturwissenschaftliche Entwicklung der Kinder zu. Insbesondere die gemeinsamen Interaktionen stellen einen wesentlichen Beitrag zur Förderung der Kinder in der naturwissenschaftlichen HLE dar. Die vorliegende Arbeit analysierte und synthetisierte wichtige Merkmale dieser Interaktionen, z.B. welche Interaktionstypen und welche elterlichen Unterstützungsmaßnahmen gerade bedeutsam für die kindlichen

Kompetenzen sind. Daraus lassen sich Implikationen für die Praxis ableiten, um Eltern bestmöglich zu unterstützen, ihre Kinder beim naturwissenschaftlichen Lernen zu begleiten. Dies könnte insbesondere für Familien mit geringerem SES oder Eltern, die gering ausgeprägte Orientierungen zu den Naturwissenschaften haben, von großer Bedeutung sein.

Literaturverzeichnis

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*(50), 179–211.
- Akerson, V. L., Weiland, I., & Fouad, K. E. (2015). Children's Ideas About Life Science Concepts. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education*. Springer.
- Alexander, J. M., Johnson, K. E., & Kelley, K. (2012). Longitudinal analysis of the relations between opportunities to learn about science and the development of interests related to science. *Science Education*, 96(5), 763–786. <https://doi.org/10.1002/sce.21018>
- Alvarez, A., & Booth, A. E. (2016). Exploring individual differences in preschoolers' causal stance. *Developmental Psychology*, 52(3), 411–422. <https://doi.org/10.1037/dev0000085>
- Anders, Y., Blaurock, S., Kluczniok, K., Lehrl, S., Resa, E., & Wieduwilt, N. (2017). *Deutsche Übersetzung der Sustained Shared Thinking and Emotional Well-being (SSTEW) Scale: Unveröffentlichte Forschungsversion*.
- Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S., & Steffensky, M. (2018). Goals of Science Education Between the Ages of Three and Six and Their Assessment. In "Haus der kleinen Forscher" Foundation (Ed.), *Scientific studies on the work of the "Haus der kleinen Forscher" foundation: Vol. 5. Early science education – Goals and process-related quality criteria for science teaching* (pp. 30–99). Barbara Budrich Publishers.
- Anders, Y., & Oppermann, E. (2024). Frühpädagogische Qualität in Kindertageseinrichtungen: Eine Erweiterung des Struktur-Prozess-Modells. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 27(2), 551–577. <https://doi.org/10.1007/s11618-024-01218-7>
- Anders, Y., Roßbach, H.-G., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehrl, S., & Maurice, J. von (2012). Home and preschool learning environments and their relations to the development of early numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(2), 231–244. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2011.08.003>
- Andre, T., Whigham, M., Hendrickson, A., & Chambers, S. (1999). Competency beliefs, positive affect, and gender stereotypes of elementary students and their parents about science versus other school subjects. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(6), 719–747. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199908\)36:6<719::AID-TEA8>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199908)36:6<719::AID-TEA8>3.0.CO;2-R)
- Ash, D. (2003). Dialogic inquiry in life science conversations of family groups in a museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 138–162. <https://doi.org/10.1002/tea.10069>
- Babbie, E. R. (2012). *The practice of social research* (13th ed, internat. ed.). Wadsworth. <https://doi.org/17978>
- Bae, J., Shavlik, M., Shatrowsky, C. E., Haden, C. A., & Booth, A. E. (2023). Predicting grade school scientific literacy from aspects of the early home science environment. *Frontiers in Psychology*, 14, 1113196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1113196>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215.
- Bardack, S., Herbers, J. E., & Obradović, J. (2017). Unique contributions of dynamic versus global measures of parent-child interaction quality in predicting school adjustment. *Journal of Family Psychology*, 31(6), 649–658. <https://doi.org/10.1037/fam0000296>
- Barger, M. M., Kim, E. M., Kuncel, N. R., & Pomerantz, E. M. (2019). The relation between parents' involvement in children's schooling and children's adjustment: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 145(9), 855–890. <https://doi.org/10.1037/bul0000201>
- Baron, F., Linberg, A., & Kuger, S. (2023). Assessing Global and Math-Specific Teacher-Child Interaction Quality in Early Childcare Settings: A Systematic Literature Review of Instruments Used

- in Research. *European Early Childhood Education Research Journal*, 31(4), 640–659.
<https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2154817>
- Barriault, C., & Pearson, D. (2010). Assessing Exhibits for Learning in Science Centers: A Practical Tool. *Visitor Studies*, 13(1), 90–106. <https://doi.org/10.1080/10645571003618824>
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M. A. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. The National Academic Press.
- Blums, A., Belsky, J., Grimm, K., & Chen, Z. (2017). Building Links Between Early Socioeconomic Status, Cognitive Ability, and Math and Science Achievement. *Journal of Cognition and Development*, 18(1), 16–40. <https://doi.org/10.1080/15248372.2016.1228652>
- Bonifacci, P., Compiani, D., Affranti, A., & Peri, B. (2021). Home Literacy and Numeracy Interact and Mediate the Relationship Between Socio-Economic Status and Early Linguistic and Numeracy Skills in Preschoolers. *Frontiers in Psychology*, 12, 662265.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.662265>
- Booth, A. E., Shavlik, M., & Haden, C. A. (2020). Parents' causal talk: Links to children's causal stance and emerging scientific literacy. *Developmental Psychology*, 56(11), 2055–2064.
<https://doi.org/10.1037/dev0001108>
- Borun, M., Chambers, M., & Cleghorn, A. (1996). Families Are Learning in Science Museums. *Curator: The Museum Journal*, 39(2), 123–138. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.1996.tb01084.x>
- Bourdieu, P. (1986). The Forms of Capital. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education* (pp. 46–58). Greenwood.
- Bradley, R. H., & Corwyn, R. F. (2002). Socioeconomic status and child development. *Annual Review of Psychology*, 53, 371–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135233>
- Brito, N. H., Ryan, R. M [Rebecca M.], & Barr, R. (2014). Methods for assessing parent-child interactions in large-scale studies. In O. Saracho (Ed.), *Contemporary Perspectives in Early Childhood Education: Vol. 2. Handbook of Research Methods in Early Childhood Education: Review of Research Methodologies* (1st ed., pp. 147–189). Information Age Publishing.
- Bronfenbrenner, U., & Morris, P. A. (2006). The Bioecological Model of Human Development. In R. M. Lerner & W. Damon (Eds.), *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development* (pp. 793–828). John Wiley & Sons Inc.
- Brunner, E. (2018). Qualität von Mathematikunterricht: Eine Frage der Perspektive [Quality of mathematics teaching: A question of perspective]. *Journal Für Mathematik-Didaktik [Journal of Mathematics Didactics]*, 39(2), 257–284. <https://doi.org/10.1007/s13138-017-0122-z>
- Brunner, E., & Star, J. R. (2024). The quality of mathematics teaching from a mathematics educational perspective: what do we actually know and which questions are still open? *ZDM – Mathematics Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01600-z>
- Bullock, M., Sodian, B., & Koerber, S. (2009). Doing Experiments and Understanding Science: Development of Scientific Reasoning from Childhood to Adulthood. In W. Schneider & M. Bullock (Eds.), *Human development from early childhood to early adulthood: Findings from a 20 year longitudinal study* (pp. 173–197). Psychology Press Taylor & Francis Group.
- Bustamante, A. S., Schlesinger, M., Begolli, K. N., Golinkoff, R. M [Roberta M.], Shahidi, N., Zonji, S., Riesen, C., Evans, N., & Hirsh-Pasek, K. (2020). More than just a game: Transforming social interaction and STEM play with Parkopolis. *Developmental Psychology*, 56(6), 1041–1056.
<https://doi.org/10.1037/dev0000923>
- Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 865–883. <https://doi.org/10.1002/tea.20333>
- Callanan, M. A., Castañeda, C. L., Luce, M. R., & Martin, J. L. (2017). Family Science Talk in Museums: Predicting Children's Engagement From Variations in Talk and Activity. *Child Development*, 88(5), 1492–1504. <https://doi.org/10.1111/cdev.12886>

- Callanan, M. A., & Oakes, L. M. (1992). Preschoolers' questions and parents' explanations: Causal thinking in everyday activity. *Cognitive Development, 7*(2), 213–233. [https://doi.org/10.1016/0885-2014\(92\)90012-G](https://doi.org/10.1016/0885-2014(92)90012-G)
- Callanan, M. A., & Valle, A. (2008). Co-Constructing Conceptual Domains Through Family Conversations and Activities. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 49, pp. 147–165). Elsevier Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)00004-2](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)00004-2)
- Camilleri, K. A., Leichtman, M. D., & Pillemer, D. B. (2021). What do you remember about Captain Jon's visit? Parent-child conversations and children's memory for a science lesson. *Journal of Experimental Child Psychology, 207*, 105104. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105104>
- Chandler-Campbell, I. L., Leech, K. A., & Corriveau, K. H. (2020). Investigating Science Together: Inquiry-Based Training Promotes Scientific Conversations in Parent-Child Interactions. *Frontiers in Psychology, 11*, 1934. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01934>
- Christ, A. A., Capon-Sieber, V., Grob, U., & Praetorius, A.-K. (2022). Learning processes and their mediating role between teaching quality and student achievement: A systematic review. *Studies in Educational Evaluation, 75*, 101209. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2022.101209>
- Clingenpeel, B. T., & Pianta, R. C. (2007). Mothers' Sensitivity and Book-reading Interactions with First Graders. *Early Education & Development, 18*(1), 1–22. <https://doi.org/10.1080/10409280701274345>
- Coleman, J. S. (1998). Social Capital in the Creation of Human Capital. *American Journal of Sociology*(94), 95–120.
- Cosso, J., Finders, J. K., Duncan, R. J., Schmitt, S. A., & Purpura, D. J. (2023). The home numeracy environment and children's math skills: The moderating role of parents' math anxiety. *Journal of Experimental Child Psychology, 227*, 105578. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105578>
- Crowley, K., Callanan, M. A., Jipson, J. L., Galco, J., Topping, K., & Shrager, J. (2001). Shared scientific thinking in everyday parent-child activity. *Science Education, 85*(6), 712–732. <https://doi.org/10.1002/sce.1035>
- Crowley, K., Callanan, M. A., Tenenbaum, H. R., & Allen, E. (2001). Parents explain more often to boys than to girls during shared scientific thinking. *Psychological Science, 12*(3), 258–261. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00347>
- Dearing, E., Casey, B. M., Ganley, C. M., Tillinger, M., Laski, E., & Montecillo, C. (2012). Young girls' arithmetic and spatial skills: The distal and proximal roles of family socioeconomics and home learning experiences. *Early Childhood Research Quarterly, 27*(3), 458–470. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2012.01.002>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M [Richard M.] (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift Für Pädagogik, 39*(2), 223–238.
- DeWitt, J., & Archer, L. (2015). Who Aspires to a Science Career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students. *International Journal of Science Education, 37*(13), 2170–2192. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1071899>
- DeWitt, J., & Archer, L. (2017). Participation in informal science learning experiences: the rich get richer? *International Journal of Science Education, Part B, 7*(4), 356–373. <https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1360531>
- DeWitt, J., Osborne, J., Archer, L., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). Young Children's Aspirations in Science: The unequivocal, the uncertain and the unthinkable. *International Journal of Science Education, 35*(6), 1037–1063. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.608197>
- DiSessa, A. A. (2002). Why “Conceptual Ecology” is a Good Idea. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 28–60). Kluwer Acad. Publ. https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_2

- Downer, J. T., & Pianta, R. C. (2006). Academic and Cognitive Functioning in First Grade: Associations with Earlier Home and Child Care Predictors and with Concurrent Home and Classroom Experiences. *School Psychology Review, 35*(1), 11–30. <https://doi.org/10.1080/02796015.2006.12087999>
- Eberbach, C., & Crowley, K. (2017). From Seeing to Observing: How Parents and Children Learn to See Science in a Botanical Garden. *Journal of the Learning Sciences, 26*(4), 608–642. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1308867>
- Ebersbach, M., & Resing, W. C. M. (2007). Shedding new light on an old problem: The estimation of shadow sizes in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology, 97*(4), 265–285. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.02.002>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology, 53*, 109–132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary Educational Psychology, 61*, 101859. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859>
- Elliott, L., Braham, E. J., & Libertus, M. E. (2017). Understanding sources of individual variability in parents' number talk with young children. *Journal of Experimental Child Psychology, 159*, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.01.011>
- Eshach, H. (2006). *Science literacy in primary schools and pre-schools. Classics in science education: Vol. 1*. Springer.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2018). *Learning from museums* (Second edition). Rowman & Littlefield.
- Falk, J. H., & Storksdieck, M. (2010). Science learning in a leisure setting. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(2), 194–212. <https://doi.org/10.1002/tea.20319>
- Feher, E., & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images: Children's conceptions of light and vision. II. *Science Education, 72*(5), 637–649. <https://doi.org/10.1002/sce.3730720509>
- Fender, J. G., & Crowley, K. (2007). How parent explanation changes what children learn from everyday scientific thinking. *Journal of Applied Developmental Psychology, 28*(3), 189–210. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2007.02.007>
- Franse, R. K., van Schijndel, T. J. P., Plankman, T. I., & Raijmakers, M. E. J. (2021). Families' experiments and conversations at an open-ended exhibit in a science museum: Individual characteristics and the influence of minimal guidance strategies. *Science Education, 105*(4), 707–742. <https://doi.org/10.1002/sce.21620>
- Franse, R. K., van Schijndel, T. J. P., & Raijmakers, M. E. J. (2020). Parental Pre-knowledge Enhances Guidance During Inquiry-Based Family Learning in a Museum Context: An Individual Differences Perspective. *Frontiers in Psychology, 11*, 1047. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01047>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research, 74*(1), 59–109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Gleason, M. E., & Schauble, L. (1999). Parents' Assistance of Their Children's Scientific Reasoning. *Cognition and Instruction, 17*(4), 343–378. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1704_1
- Grolig, L. (2020). Shared Storybook Reading and Oral Language Development: A Bioecological Perspective. *Frontiers in Psychology, 11*, 1818. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01818>
- Gropengießer, H., & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Lehrbuch. Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 49–68). Springer.

- Gutiérrez, K. D., & Rogoff, B. (2003). Cultural Ways of Learning: Individual Traits or Repertoires of Practice. *Educational Researcher*, 32(5), 19–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X032005019>
- Gutwill, J. P., & Allen, S. (2010). Facilitating family group inquiry at science museum exhibits. *Science Education*, 94(4), 710–742. <https://doi.org/10.1002/sce.20387>
- Haden, C. A. (2010). Talking About Science in Museums. *Child Development Perspectives*, 4(1), 62–67. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00119.x>
- Hadzigeorgiou, Y. (2015). Young Children's Ideas About Physical Science Concepts. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education* (pp. 67–97). Springer.
- Hall, R. L., & Schaverien, L. (2001). Families' engagement with young children's science and technology learning at home. *Science Education*, 85(4), 454–481. <https://doi.org/10.1002/sce.1018>
- Hammet, L. A., van Kleeck, A., & Huberty, C. J. (2003). Patterns of parents' extratextual interactions during book sharing with preschool children: A cluster analysis study. *Reading Research Quarterly*, 38(4), 442–468. <https://doi.org/10.1598/RRQ.38.4.2>
- Hao, Y., & Fler, M. (2017). Collective interpretations of early science learning about Earth and Space: a cultural-historical study of family settings for scientific imagination. *Pedagogies: An International Journal*, 12(4), 354–373. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2017.1375411>
- Harris, E., & Winterbottom, M. (2018). 'Why do parrots talk?' co-investigation as a model for promoting family learning through conversation in a natural history gallery. *Journal of Biological Education*, 52(1), 89–100. <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1408934>
- He, S., Graf, E., Webber, R. J., Leffel, K. R., Suskind, E., Levine, S., & Suskind, D. (2022). Assessing Efficacy and Benefit of a Behavioral Math Talk Intervention for Caregivers of Young Children. *Child & Youth Care Forum*, 51(6), 1155–1173. <https://doi.org/10.1007/s10566-022-09671-3>
- He, X., Deng, Y., Liu, J., Sun, G., Xiong, J., & Xiao, Y. (2023). The Chain Mediating Role of Perceived Family Support for Formal And Informal Science Learning in the Association Between Family Socioeconomic Status and Informal Science Learning Experiences. *Journal of Baltic Science Education*, 22(2), 232–253. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.232>
- Hightower, B., Sheehan, K. J., Lauricella, A. R., & Wartella, E. (2022). "Maybe we do more Science than I had Initially Thought": How Parental Efficacy Affects Preschool-Aged Children's Science and Math Activities and Media Use. *Early Childhood Education Journal*, 50(6), 1021–1033. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01231-z>
- Hill, N. E., & Tyson, D. F. (2009). Parental involvement in middle school: A meta-analytic assessment of the strategies that promote achievement. *Developmental Psychology*, 45(3), 740–763. <https://doi.org/10.1037/a0015362>
- Hoover-Dempsey, K. V., & Sandler, H. M. (2005). *Final Performance Report for OERI Grant # R305T010673: The Social Context of Parental Involvement: A Path to Enhanced Achievement*. Vanderbilt University.
- Hopf, M. (2012). *Sustained Shared Thinking im frühen naturwissenschaftlich-technischen Lernen*. Dissertation. *Internationale Hochschulschriften: Vol. 572* [275 Seiten].
- Inagaki, K., & Hatano, G. (1996). Young Children's Recognition of Commonalities between Animals and Plants. *Child Development*, 67(6), 2823. <https://doi.org/10.2307/1131754>
- Jacobs, J. E., & Eccles, J. S. (2000). Parents, task values, and real-life achievement-related choices. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance: Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance* (pp. 405–439). Academic Press.
- Jirout, J., & Zimmermann, C. (2015). Development of science process skills in the early childhood years. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education* (pp. 143–165). Springer.

- Joussemet, M., Landry, R., & Koestner, R. (2008). A self-determination theory perspective on parenting. *Canadian Psychology / Psychologie Canadienne*, *49*(3), 194–200.
<https://doi.org/10.1037/a0012754>
- Joy, A., Law, F., McGuire, L., Mathews, C., Hartstone-Rose, A., Winterbottom, M., Rutland, A., Fields, G. E., & Mulvey, K. L. (2021). Understanding Parents' Roles in Children's Learning and Engagement in Informal Science Learning Sites. *Frontiers in Psychology*, *12*, 635839.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.635839>
- Junge, K., Schmerse, D., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H., & Steffensky, M. (2021). How the home learning environment contributes to children's early science knowledge—Associations with parental characteristics and science-related activities. *Early Childhood Research Quarterly*, *56*, 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.04.004>
- Kaderavek, J. N., Paprzycki, P., Czerniak, C. M., Hapgood, S., Mentzer, G., Molitor, S., & Mendenhall, R. (2020). Longitudinal impact of early childhood science instruction on 5th grade science achievement. *International Journal of Science Education*, *42*(7), 1124–1143.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1749908>
- Kähler, J., Hahn, I., Ihme, J. M., & Köller, O. (2020). Empirische Arbeit: Naturwissenschaftliche Kompetenz von Vorschulkindern. Effekte von Struktur- und Prozessmerkmalen des Elternhauses und der Kindertagesstätte auf die naturwissenschaftliche Kompetenz von 4- bis 6-Jährigen. *Psychologie in Erziehung Und Unterricht*, *67*(OA). <https://doi.org/10.2378/peu2020.art29d>
- Kasper, D., Beese, C., Scholz, L. A., & Schwippert, K. (2023). *Trends in International Mathematics and Science Study 2019 (TIMSS 2019): Data Set (Version 2_1)*. IQB - Institute for Educational Quality Improvement. https://doi.org/10.5159/IQB_TIMSS_2019_v2
- Kaya, S., & Lundeen, C. (2010). Capturing Parents' Individual and Institutional Interest Toward Involvement in Science Education. *Journal of Science Teacher Education*, *21*(7), 825–841.
<https://doi.org/10.1007/s10972-009-9173-4>
- Keller, S. D., Steffensky, M., Winkler, I., Lindmeier, A., Bertram, C., Herrmann, C., Schreyer, P., Fauth, B., & Praetorius, A.-K. (2024). Kognitive Aktivierung in den Fachdidaktiken: ein fachübergreifendes, fachspezifisches und lerngegenstandsorientiertes Konstrukt. In A.-K. Praetorius, W. Wemmer-Rogh, P. Schreyer, & M. Brinkmann (Eds.), *Kognitive Aktivierung unter der Lupe: Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung eines prominenten Konstrukts* (pp. 233–247). Waxmann. <https://doi.org/10.5167/uzh-268605>
- Kelly, K. R., Ocular, G., & Austin, A. (2022). Adult-child science language during informal science learning at an aquarium. *The Social Science Journal*, *59*(4), 532–542.
<https://doi.org/10.1080/03623319.2020.1727226>
- Kelly, Y., Sacker, A., Del Bono, E., Francesconi, M., & Marmot, M. (2011). What role for the home learning environment and parenting in reducing the socioeconomic gradient in child development? Findings from the Millennium Cohort Study. *Archives of Disease in Childhood*, *96*(9), 832–837. <https://doi.org/10.1136/adc.2010.195917>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75–86.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kleemans, T., Peeters, M., Segers, E., & Verhoeven, L. (2012). Child and home predictors of early numeracy skills in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, *27*(3), 471–477.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2011.12.004>
- Kleickmann, T., Steffensky, M., & Praetorius, A.-K. (2020). Quality of teaching in science education. More than Three Basic Dimensions? *Zeitschrift Für Pädagogik, Beiheft*. Advance online publication. <https://doi.org/10.25656/01:25862>

- Kluczniok, K., Lehl, S., Kuger, S., & Roßbach, H.-G. (2013). Quality of the home learning environment during preschool age – Domains and contextual conditions. *European Early Childhood Education Research Journal*, 21(3), 420–438. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2013.814356>
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>
- Kuger, S., Pflieger, K., & Rossbach, H.-G. (2005). *Forschungsversion "Familieneinschätzungsskala" (Skala zur halbstandardisierten Aufgabe): Version 1.01*.
- Kunter, M., & Trautwein, U. (2018). *Psychologie des Unterrichts. Standardwissen Lehramt: Vol. 3895*. Ferdinand Schöningh.
- Kunter, M., & Voss, T. (2013). The Model of Instructional Quality in COACTIV: A Multicriteria Analysis. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Mathematics Teacher Education: Vol. 8. Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers* (pp. 97–124). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_6
- La Guardia, J. G., Ryan, R. M [Richard M.], Couchman, C. E., & Deci, E. L. (2000). Within-person variation in security of attachment: A self-determination theory perspective on attachment, need fulfillment, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(3), 367–384. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.79.3.367>
- Leech, K. A., Chandler-Campbell, I. L., Alton, J., & Corriveau, K. H. (2023). What would happen if? A comparison of fathers' and mothers' questions to children during a science activity. *Frontiers in Psychology*, 14, 1078994. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1078994>
- Leech, K. A., Haber, A. S., Jalkh, Y., & Corriveau, K. H. (2020). Embedding Scientific Explanations Into Storybooks Impacts Children's Scientific Discourse and Learning. *Frontiers in Psychology*, 11, 1016. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01016>
- LeFevre, J.-A., Polyzoi, E., Skwarchuk, S.-L., Fast, L., & Sowinski, C. (2010). Do home numeracy and literacy practices of Greek and Canadian parents predict the numeracy skills of kindergarten children? *International Journal of Early Years Education*, 18(1), 55–70. <https://doi.org/10.1080/09669761003693926>
- LeFevre, J.-A., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Kamawar, D., & Bisanz, J. (2009). Home numeracy experiences and children's math performance in the early school years. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, 41(2), 55–66. <https://doi.org/10.1037/a0014532>
- Lehl, S. (2018). *Qualität Häuslicher Lernumwelten Im Vorschulalter: Eine Empirische Analyse Zu Konzept, Bedingungen und Bedeutung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-20184-5>
- Lehl, S., Ebert, S., Blaurock, S., Rossbach, H.-G., & Weinert, S. (2020). Long-term and domain-specific relations between the early years home learning environment and students' academic outcomes in secondary school. *School Effectiveness and School Improvement*, 31(1), 102–124. <https://doi.org/10.1080/09243453.2019.1618346>
- Lehl, S., Ebert, S., Roßbach, H.-G., & Weinert, S. (2012). Die Bedeutung der familiären Lernumwelt für Vorläufer schriftsprachlicher Kompetenzen im Vorschulalter. *Journal of Family Research*, 24(2), 115–133. <https://doi.org/10.20377/jfr-181>
- Leibham, M. B., Alexander, J. M., & Johnson, K. E. (2013). Science Interests in Preschool Boys and Girls: Relations to Later Self-Concept and Science Achievement. *Science Education*, 97(4), 574–593. <https://doi.org/10.1002/sce.21066>
- Leichtman, M. D., Camilleri, K. A., Pillemer, D. B., Amato-Wierda, C. C., Hogan, J. E., & Dongo, M. D. (2017). Talking after school: Parents' conversational styles and children's memory for a

- science lesson. *Journal of Experimental Child Psychology*, *156*, 1–15.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.11.002>
- Leseman, P. P., & van den Boom, D. C. (1999). Effects of quantity and quality of home proximal processes on Dutch, Surinamese-Dutch and Turkish-Dutch pre-schoolers' cognitive development. *Infant and Child Development*, *8*(1), 19–38. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-7219\(199903\)8:1<19::AID-ICD187>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-7219(199903)8:1<19::AID-ICD187>3.0.CO;2-7)
- Leuchter, M., Saalbach, H., & Hardy, I. (2014). Designing Science Learning in the First Years of Schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of 'floating and sinking'. *International Journal of Science Education*, *36*(10), 1751–1771.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2013.878482>
- Lin, P.-Y., & Schunn, C. D. (2016). The dimensions and impact of informal science learning experiences on middle schoolers' attitudes and abilities in science. *International Journal of Science Education*, *38*(17), 2551–2572. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1251631>
- Linberg, A., Lehl, S., & Weinert, S. (2020). The Early Years Home Learning Environment - Associations With Parent-Child-Course Attendance and Children's Vocabulary at Age 3. *Frontiers in Psychology*, *11*, 1425. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01425>
- Liu, C., Georgiou, G. K., & Manolitsis, G. (2018). Modeling the relationships of parents' expectations, family's SES, and home literacy environment with emergent literacy skills and word reading in Chinese. *Early Childhood Research Quarterly*, *43*, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.11.001>
- Luce, M. R., & Callanan, M. A. (2020). Family Conversations About Heat and Temperature: Implications for Children's Learning. *Frontiers in Psychology*, *11*, 1718.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01718>
- Luce, M. R., Goldman, S., & Vea, T. (2017). Designing for Family Science Explorations Anytime, Anywhere. *Science Education*, *101*(2), 251–277. <https://doi.org/10.1002/sce.21259>
- Manolitsis, G., Georgiou, G. K., & Tziraki, N. (2013). Examining the effects of home literacy and numeracy environment on early reading and math acquisition. *Early Childhood Research Quarterly*, *28*(4), 692–703. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2013.05.004>
- Mantzicopoulos, P., Patrick, H., & Samarapungavan, A. (2013). Science Literacy in School and Home Contexts: Kindergarteners' Science Achievement and Motivation. *Cognition and Instruction*, *31*(1), 62–119. <https://doi.org/10.1080/07370008.2012.742087>
- McClain, L. R., & Zimmerman, H. T. (2014). Prior Experiences Shaping Family Science Conversations at a Nature Center. *Science Education*, *98*(6), 1009–1032. <https://doi.org/10.1002/sce.21134>
- McClain, L. R., & Zimmerman, H. T. (2016). Memories on the Trail: Families Connecting their Prior Informal Learning Experiences to the Natural World during Nature Walks. *Journal of Interpretation Research*, *21*(2), 21–42. <https://doi.org/10.1177/109258721602100203>
- Melhuish, E. C., Phan, M. B., Sylva, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., & Taggart, B. (2008). Effects of the Home Learning Environment and Preschool Center Experience upon Literacy and Numeracy Development in Early Primary School. *Journal of Social Issues*, *64*(1), 95–114.
<https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.2008.00550.x>
- Meyer, M., Zosh, J. M., McLaren, C., Robb, M., McCafferty, H., Golinkoff, R. M [Roberta Michnick], Hirsh-Pasek, K., & Radesky, J. (2021). How educational are 'educational' apps for young children? App store content analysis using the Four Pillars of Learning framework. *Journal of Children and Media*, *15*(4), 526–548. <https://doi.org/10.1080/17482798.2021.1882516>
- Miller-Goldwater, H. E., Cronin-Golomb, L. M., Hanft, M. H., & Bauer, P. J. (2023). The influence of books' textual features and caregivers' extratextual talk on children's science learning in the context of shared book reading. *Developmental Psychology*, *59*(2), 390–411.
<https://doi.org/10.1037/dev0001480>

- Mol, S. E., Bus, A. G., Jong, M. T. de, & Smeets, D. J. H. (2008). Added Value of Dialogic Parent–Child Book Readings: A Meta-Analysis. *Early Education & Development, 19*(1), 7–26. <https://doi.org/10.1080/10409280701838603>
- Morgan, P. L., Farkas, G., Hillemeier, M. M., & Maczuga, S. (2016). Science Achievement Gaps Begin Very Early, Persist, and Are Largely Explained by Modifiable Factors. *Educational Researcher, 45*(1), 18–35. <https://doi.org/10.3102/0013189X16633182>
- Mu, J., Bayrak, A., & Ufer, S. (2022). Conceptualizing and measuring instructional quality in mathematics education: A systematic literature review. *Frontiers in Education, 7*, Article 994739. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.994739>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019: International Results in Mathematics and Science*. International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Neuendorf, K. A. (2019). Content analysis and thematic analysis. In P. Brough (Ed.), *Advanced research methods for applied psychology: Design, analysis and reporting* (pp. 211–223). Routledge.
- NICHD Early Child Care Research Network (1998). Relations between family predictors and child outcomes: Are they weaker for children in child care? *Developmental Psychology, 34*(5), 1119–1128. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.34.5.1119>
- NICHD Early Child Care Research Network (2001). Nonmaternal care and family factors in early development: An overview of the NICHD Study of Early Child Care. *Journal of Applied Developmental Psychology, 22*(5), 457–492. [https://doi.org/10.1016/S0193-3973\(01\)00092-2](https://doi.org/10.1016/S0193-3973(01)00092-2)
- NICHD Early Child Care Research Network (2004). Fathers' and mothers' parenting behavior and beliefs as predictors of children's social adjustment in the transition to school. *Journal of Family Psychology : JFP : Journal of the Division of Family Psychology of the American Psychological Association (Division 43), 18*(4), 628–638. <https://doi.org/10.1037/0893-3200.18.4.628>
- Niklas, F., & Schneider, W. (2017). Home learning environment and development of child competencies from kindergarten until the end of elementary school. *Contemporary Educational Psychology, 49*, 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.03.006>
- Niklas, F., Wirth, A., Guffler, S., Drescher, N., & Ehmig, S. C. (2020). The Home Literacy Environment as a Mediator Between Parental Attitudes Toward Shared Reading and Children's Linguistic Competencies. *Frontiers in Psychology, 11*, 1628. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01628>
- Ocular, G., Kelly, K. R., Millan, L., Neves, S., Avila, K., Hsieh, B., & Maloles, C. (2022). Contributions of naturalistic parent-child conversations to children's science learning during informal learning at an aquarium and at home. *Frontiers in Psychology, 13*, 943648. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.943648>
- Oppermann, E., Brunner, M., & Anders, Y. (2019). The interplay between preschool teachers' science self-efficacy beliefs, their teaching practices, and girls' and boys' early science motivation. *Learning and Individual Differences, 70*, 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.01.006>
- Oppermann, E., Brunner, M., Eccles, J. S., & Anders, Y. (2017). Uncovering young children's motivational beliefs about learning science. *Journal of Research in Science Teaching, 55*(3), 399–421. <https://doi.org/10.1002/tea.21424>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education, PISA*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). *Pisa 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics, financial literacy and collaborative problem solving* (Revised edition). PISA. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>

- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *PISA 2018 Results: Combined Executive Summaries*. OECD Publishing.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Otani, M. (2020). Parental involvement and academic achievement among elementary and middle school students. *Asia Pacific Education Review*, 21(1), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s12564-019-09614-z>
- Pace, A., Luo, R., Hirsh-Pasek, K., & Golinkoff, R. M [Roberta Michnick] (2017). Identifying Pathways Between Socioeconomic Status and Language Development. *Annual Review of Linguistics*, 3(1), 285–308. <https://doi.org/10.1146/annurev-linguistics-011516-034226>
- Palmquist, S., & Crowley, K. (2007). From teachers to testers: How parents talk to novice and expert children in a natural history museum. *Science Education*, 91(5), 783–804. <https://doi.org/10.1002/sci.20215>
- Patrick, H., & Mantzicopoulos, P. (2015). Young Children's Motivation for Learning Science. In K. C. Trundle & M. Saçkes (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education* (pp. 7–34). Springer.
- Patrick, H., Mantzicopoulos, P., & Samarapungavan, A. (2009). Motivation for learning science in kindergarten: Is there a gender gap and does integrated inquiry and literacy instruction make a difference. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 166–191. <https://doi.org/10.1002/tea.20276>
- Pattison, S. A., & Dierking, L. D. (2019). Early childhood science interest development: Variation in interest patterns and parent–child interactions among low-income families. *Science Education*, 103(2), 362–388. <https://doi.org/10.1002/sci.21486>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Perera, L. D. H. (2014). Parents' Attitudes Towards Science and their Children's Science Achievement. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3021–3041. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.949900>
- Piaget, J. (1973). *The child and reality: Problems of genetic psychology*. Grossman.
- Pianta, R. C. (2004). Relationships Among Children and Adults and Family Literacy. In B. H. Wasik (Ed.), *Handbook of family literacy* (pp. 175–191). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Pianta, R. C., & Hofkens, T. (2023). Defining early education quality using CLASS-observed teacher-student interaction. *Frontiers in Psychology*, 14, 1110419. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1110419>
- Pianta, R. C., La Paro, K. M., & Hamre, B. K. (2008). *Classroom assessment scoring system manual, pre-K*. Teachstone Training, LLC. <http://worldcatlibraries.org/wcpa/oclc/1117344034>
- Piekny, J., Grube, D., & Maehler, C. (2014). The Development of Experimentation and Evidence Evaluation Skills at Preschool Age. *International Journal of Science Education*, 36(2), 334–354. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.776192>
- Piekny, J., Grube, D., & Mähler, C. (2012). Die Vorhersage des kindlichen Verständnisses für Experimente aus vorschulischen kognitiven Kompetenzen und häuslichen Einflussfaktoren. In K. Fröhlich-Gildhoof, I. Nentwig-Gesemann, & H. Wedekind (Eds.), *Materialien zur Frühpädagogik: Vol. 10. Forschung in der Frühpädagogik V: Schwerpunkt: Naturwissenschaftliche Bildung - Begegnungen mit Dingen und Phänomenen* (pp. 135–155). FEL Verlag Forschung - Entwicklung - Lehre.

- Piekny, J., & Maehler, C. (2013). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain-general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *The British Journal of Developmental Psychology*, *31*(Pt 2), 153–179. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.2012.02082.x>
- Pillinger, C., & Vardy, E. J. (2022). The story so far: A systematic review of the dialogic reading literature. *Journal of Research in Reading*, *45*(4), 533–548. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12407>
- Portes, P. R [P. R.], Zady, M. F [M. F.], & Dunham, R. M. (1998). The effects of parents' assistance on middle school students' problem solving and achievement. *The Journal of Genetic Psychology*, *159*(2), 163–178. <https://doi.org/10.1080/00221329809596143>
- Praetorius, A.-K., & Charalambous, C. Y. (2018). Classroom observation frameworks for studying instructional quality: looking back and looking forward. *ZDM – Mathematics Education*, *50*(3), 535–553. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0>
- Praetorius, A.-K., & Gräsel, C. (2021). Noch immer auf der Suche nach dem heiligen Gral: Wie generisch oder fachspezifisch sind Dimensionen der Unterrichtsqualität? *Unterrichtswissenschaft*, *49*(2), 167–188. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00119-6>
- Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B., & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: the German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM – Mathematics Education*, *50*(3), 407–426. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4>
- Price, L. H., van Kleeck, A., & Huberty, C. J. (2009). Talk During Book Sharing Between Parents and Preschool Children: A Comparison Between Storybook and Expository Book Conditions. *Reading Research Quarterly*, *44*(2), 171–194. <https://doi.org/10.1598/RRQ.44.2.4>
- Purdon, A. (2016). Sustained shared thinking in an early childhood setting: an exploration of practitioners' perspectives. *Education 3-13*, *44*(3), 269–282. <https://doi.org/10.1080/03004279.2014.907819>
- Ramani, G. B., Rowe, M. L., Eason, S. H., & Leech, K. A. (2015). Math talk during informal learning activities in Head Start families. *Cognitive Development*, *35*, 15–33. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2014.11.002>
- Raynal, A., Lavigne, H., Goldstein, M., & Gutierrez, J. (2022). Starting with Parents: Investigating a Multi-Generational, Media-Enhanced Approach to Support Informal Science Learning for Young Children. *Early Childhood Education Journal*, *50*(5), 879–889. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01209-x>
- Reeve, J., & Tseng, C.-M. (2011). Agency as a fourth aspect of students' engagement during learning activities. *Contemporary Educational Psychology*, *36*(4), 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2011.05.002>
- Rennie, L. J., & Howitt, C. (2020). The Children's Engagement Behaviour Framework: describing young children's interaction with science exhibits and its relationship to learning. *International Journal of Science Education, Part B*, *10*(4), 355–375. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1851425>
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford University Press.
- Rogoff, B., Callanan, M., Gutiérrez, K. D., & Erickson, F. (2016). The Organization of Informal Learning. *Review of Research in Education*, *40*(1), 356–401. <https://doi.org/10.3102/0091732X16680994>
- Roßbach, H.-G., Blaurock, S., Grosse, C., Kluczniok, K., Kuger, S., Lehl, S., & Smidt, W. (2024). Quality of Learning Environments in Early Childhood. In S. Weinert, H.-G. Roßbach, J. von Maurice, H.-P. Blossfeld, & C. Artelt (Eds.), *Edition ZfE: Band 16. Educational processes, decisions, and*

- the development of competencies from early preschool age to adolescence: Findings from the BiKS Cohort Panel Studies* (pp. 55–90). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer VS.
- Ryan, R. M [Richard M.], & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *The American Psychologist*, *55*(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.1.68>
- Saçkes, M. (2014). Parents who want their PreK children to have science learning experiences are outliers. *Early Childhood Research Quarterly*, *29*(2), 132–143. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2013.11.005>
- Saçkes, M., Trundle, K. C., Bell, R. L., & O'Connell, A. A. (2011). The influence of early science experience in kindergarten on children's immediate and later science achievement: Evidence from the early childhood longitudinal study. *Journal of Research in Science Teaching*, *48*(2), 217–235. <https://doi.org/10.1002/tea.20395>
- Sammons, P., Toth, K., Sylva, K., Melhuish, E., Siraj, I., & Taggart, B. (2015). The long-term role of the home learning environment in shaping students' academic attainment in secondary school. *Journal of Children's Services*, *10*(3), 189–201. <https://doi.org/10.1108/JCS-02-2015-0007>
- Schlesinger, L., & Jentsch, A. (2016). Theoretical and methodological challenges in measuring instructional quality in mathematics education using classroom observations. *ZDM – Mathematics Education*, *48*(1-2), 29–40. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0765-0>
- Schmerse, D., Dominke, H., Mohr, J., & Steffensky, M. (2024). Children's understanding of scientific inquiry: The role of instructional support and comparison making. *Journal of Educational Psychology*, *116*(2), 233–255. <https://doi.org/10.1037/edu0000836>
- Segers, E., Kleemans, T., & Verhoeven, L. (2015). Role of Parent Literacy and Numeracy Expectations and Activities in Predicting Early Numeracy Skills. *Mathematical Thinking and Learning*, *17*(2-3), 219–236. <https://doi.org/10.1080/10986065.2015.1016819>
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, *77*(4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Senechal, M. (2006). Testing the Home Literacy Model: Parent Involvement in Kindergarten Is Differentially Related to Grade 4 Reading Comprehension, Fluency, Spelling, and Reading for Pleasure. *Scientific Studies of Reading*, *10*(1), 59–87. https://doi.org/10.1207/s1532799xssr1001_4
- Sénéchal, M., & LeFevre, J.-A. (2002). Parental involvement in the development of children's reading skill: A five-year longitudinal study. *Child Development*, *73*(2), 445–460. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00417>
- Sénéchal, M., Lefevre, J.-A., Thomas, E. M., & Daley, K. E. (1998). Differential Effects of Home Literacy Experiences on the Development of Oral and Written Language. *Reading Research Quarterly*, *33*(1), 96–116. <https://doi.org/10.1598/RRQ.33.1.5>
- Shirefley, T. A., Castañeda, C. L., Rodriguez-Gutiérrez, J., Callanan, M. A., & Jipson, J. (2020). Science Conversations during Family Book Reading with Girls and Boys in Two Cultural Communities. *Journal of Cognition and Development*, *21*(4), 551–572. <https://doi.org/10.1080/15248372.2020.1797750>
- Shirefley, T. A., & Leaper, C. (2021). Mothers' and Fathers' Science-Related Talk With Daughters and Sons While Reading Life and Physical Science Books. *Frontiers in Psychology*, *12*, 813572. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.813572>
- Short-Meyerson, K., Sandrin, S., & Edwards, C. (2016). Gender Influences on Parent-Child Science Problem-Solving Behaviors. *Journal of Research in Childhood Education*, *30*(3), 334–348. <https://doi.org/10.1080/02568543.2016.1178194>

- Shymansky, J. A., Yore, L. D., & Hand, B. M. (2000). Empowering Families in Hands-on Science Programs. *School Science and Mathematics, 100*(1), 48–58. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2000.tb17319.x>
- Siegel, D. R., Esterly, J., Callanan, M. A., Wright, R., & Navarro, R. (2007). Conversations about Science across Activities in Mexican-descent Families. *International Journal of Science Education, 29*(12), 1447–1466. <https://doi.org/10.1080/09500690701494100>
- Sigel, I. E., & McGillicuddy-DeLisi, A. (1980). *Parental Distancing, beliefs and children's re-presentational competence within the family context*.
- Silander, M., Grindal, T., Hupert, N., Garcia, E., Anderson, K., Vahey, P., & Pasnik, S. (2018). *What Parents Talk About When They Talk About Learning: A National Survey About Young Children and Science*. Education Development Center, Inc., & SRI International.
- Simpkins, S. D., Fredricks, J. A., & Eccles, J. S. (2012). Charting the Eccles' expectancy-value model from mothers' beliefs in childhood to youths' activities in adolescence. *Developmental Psychology, 48*(4), 1019–1032. <https://doi.org/10.1037/a0027468>
- Šimunović, M., & Babarović, T. (2020). The role of parents' beliefs in students' motivation, achievement, and choices in the STEM domain: a review and directions for future research. *Social Psychology of Education, 23*(3), 701–719. <https://doi.org/10.1007/s11218-020-09555-1>
- Siraj-Blatchford, I. (2009). Conceptualising progression in the pedagogy of play and sustained shared thinking in early childhood education: a Vygotskian perspective. *Faculty of Social Sciences - Papers (Archive), 2*–77. <https://ro.uow.edu.au/sspapers/1224>
- Siraj-Blatchford, I., & Asani, R. (2015). The role of sustained shared thinking, play and metacognition in young children's learning. In F. Robson (Ed.), *Routledge International Handbook of Young* (pp. 403–415).
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic Status and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review of Research. *Review of Educational Research, 75*(3), 417–453. <https://doi.org/10.3102/00346543075003417>
- Skwarchuk, S.-L., Sowinski, C., & LeFevre, J.-A. (2014). Formal and informal home learning activities in relation to children's early numeracy and literacy skills: The development of a home numeracy model. *Journal of Experimental Child Psychology, 121*, 63–84. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.11.006>
- Slim, T., van Schaik, J. E., Dobber, M., Hotze, A. C. G., & Raijmakers, M. E. J. (2022). Struggling or Succeeding in Science and Technology Education: Elementary School Students' Individual Differences During Inquiry- and Design-Based Learning. *Frontiers in Education, 7*, Article 842537. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.842537>
- Sobel, D. M., Letourneau, S. M., Legare, C. H., & Callanan, M. (2021). Relations between parent-child interaction and children's engagement and learning at a museum exhibit about electric circuits. *Developmental Science, 24*(3), e13057. <https://doi.org/10.1111/desc.13057>
- Sodian, B., Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young Children's Differentiation of Hypothetical Beliefs from Evidence. *Child Development, 62*(4), 753–766. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1991.tb01567.x>
- Solis, G., & Callanan, M. (2021). Collaborative Inquiry or Teacher Talk? Parent Guidance during a Science-Related Activity in Mexican-Heritage Families from Two Schooling Groups. *Journal of Cognition and Development, 22*(3), 448–466. <https://doi.org/10.1080/15248372.2021.1901710>
- Son, S.-H. C., & Hur, J. H. (2020). Parental Math Talk During Home Cooking and Math Skills in Head Start Children: The Role of Task Management Talk. *Journal of Research in Childhood Education, 34*(3), 406–426. <https://doi.org/10.1080/02568543.2019.1704318>

- Sonnenschein, S., Gursoy, H., & Stites, M. (2022). Elementary School Children's Home Learning Environments: Mathematics, Reading, Science, and Written Language. *Education Sciences*, 12(5), 313. <https://doi.org/10.3390/educsci12050313>
- Steffensky, M. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen: Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF)*. WiFF Expertise: Band 48. Deutsches Jugendinstitut e.V.
- Steffensky, M., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H., & Nölke, C. (2012). Alltagssituationen und Experimente: Was sind geeignete naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0262-3>
- Steffensky, M., & Neuhaus, B. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Lehrbuch. Theorien in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (pp. 299–313). Springer.
- Steidtmann, L., Kleickmann, T., & Steffensky, M. (2023). Declining interest in science in lower secondary school classes: Quasi-experimental and longitudinal evidence on the role of teaching and teaching quality. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(1), 164–195. <https://doi.org/10.1002/tea.21794>
- Stephenson, K. A., Parrila, R. K., Georgiou, G. K., & Kirby, J. R. (2008). Effects of Home Literacy, Parents' Beliefs, and Children's Task-Focused Behavior on Emergent Literacy and Word Reading Skills. *Scientific Studies of Reading*, 12(1), 24–50. <https://doi.org/10.1080/10888430701746864>
- Strickler-Eppard, L., Czerniak, C. M., & Kaderavek, J. (2019). Families' Capacity to Engage in Science Inquiry at Home Through Structured Activities. *Early Childhood Education Journal*, 47(6), 653–664. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-00958-0>
- Susperreguy, M. I., & Davis-Kean, P. E. (2016). Maternal Math Talk in the Home and Math Skills in Preschool Children. *Early Education & Development*, 27(6), 841–857. <https://doi.org/10.1080/10409289.2016.1148480>
- Susperreguy, M. I., Douglas, H., Xu, C., Molina-Rojas, N., & LeFevre, J.-A. (2020). Expanding the Home Numeracy Model to Chilean children: Relations among parental expectations, attitudes, activities, and children's mathematical outcomes. *Early Childhood Research Quarterly*, 50, 16–28. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.06.010>
- Suter, L. E. (2014). Visiting Science Museums During Middle and High School: A Longitudinal Analysis of Student Performance in Science. *Science Education*, 98(5), 815–839. <https://doi.org/10.1002/sce.21116>
- Sylva, K., Melhuish, E. C., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., & Taggart, B. (2004). *The Effective Provision of Pre-School Education [EPPE] Project. Technical Paper 12. The Final Re-port: Effective Pre-School Education*. Institute of Education University of London.
- Szechter, L. E., & Carey, E. J. (2009). Gravitating toward science: Parent-child interactions at a gravitational-wave observatory. *Science Education*, 93(5), 846–858. <https://doi.org/10.1002/sce.20333>
- Taggart, B., Sylva, K., Melhuish, E., Sammons, P., & Siraj, I. (2015). *Effective pre-school, primary and secondary education project (EPPSE 3-16+): How pre-school influences children and young people's attainment and developmental outcomes over time*. Research Brief. Department for Education.
- Tenenbaum, H. R., & Callanan, M. A. (2008). Parents' science talk to their children in Mexican-descent families residing in the USA. *International Journal of Behavioral Development*, 32(1), 1–12. <https://doi.org/10.1177/0165025407084046>

- Tenenbaum, H. R., & Leaper, C. (2003). Parent-child conversations about science: The socialization of gender inequities? *Developmental Psychology, 39*(1), 34–47. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.39.1.34>
- Tenenbaum, H. R., Snow, C. E., Roach, K. A., & Kurland, B. (2005). Talking and reading science: Longitudinal data on sex differences in mother–child conversations in low-income families. *Journal of Applied Developmental Psychology, 26*(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.apdev.2004.10.004>
- Thomas, J. A., & Strunk, K. K. (2017). Expectancy-value and children's science achievement: Parents matter. *Journal of Research in Science Teaching, 54*(6), 693–712. <https://doi.org/10.1002/tea.21382>
- Tietze, W., Hundertmark-Mayser, J., & Rossbach, H.-G. (1999). *European Child Care and Education Study: School-age Assessment of Child Development: Long-term impact of Pre-school Experiences on School Success, and Family-School Relationships*. Final Report for Work Package # 2. European Union DG XII: Science, Research and Development (RTD Action).
- To, C., Tenenbaum, H. R., & Wormald, D. (2016). What do Parents and Children talk about at a Natural History Museum? *Curator: The Museum Journal, 59*(4), 369–385. <https://doi.org/10.1111/cura.12174>
- Toth, K., Sammons, P., Sylva, K., Melhuish, E., Siraj, I., & Taggart, B. (2020). Home learning environment across time: the role of early years HLE and background in predicting HLE at later ages. *School Effectiveness and School Improvement, 31*(1), 7–30. <https://doi.org/10.1080/09243453.2019.1618348>
- Totsika, V., & Sylva, K. (2004). The Home Observation for Measurement of the Environment Revisited. *Child and Adolescent Mental Health, 9*(1), 25–35. <https://doi.org/10.1046/j.1475-357X.2003.00073.x>
- Tscholl, M., & Lindgren, R. (2016). Designing for Learning Conversations: How Parents Support Children's Science Learning Within an Immersive Simulation. *Science Education, 100*(5), 877–902. <https://doi.org/10.1002/sce.21228>
- Valle, A., & Callanan, M. (2006). Similarity Comparisons and Relational Analogies in Parent-Child Conversations About Science Topics. *Merrill-Palmer Quarterly, 52*(1), 96–124.
- Vallotton, C., Mastergeorge, A., Foster, T., Decker, K. B., & Ayoub, C. (2017). Parenting Supports for Early Vocabulary Development: Specific Effects of Sensitivity and Stimulation through Infancy. *Infancy: The Official Journal of the International Society on Infant Studies, 22*(1), 78–107. <https://doi.org/10.1111/infa.12147>
- van Schijndel, T. J. P., Franse, R. K., & Raijmakers, M. E. J. (2010). The Exploratory Behavior Scale: Assessing young visitors' hands-on behavior in science museums. *Science Education, 94*(5), 794–809. <https://doi.org/10.1002/sce.20394>
- van Schijndel, T. J. P., & Raijmakers, M. E. J. (2015). Parent Explanation and Preschoolers' Exploratory Behavior and Learning in a Shadow Exhibition. *Science Education, 100*(1), 153–178. <https://doi.org/10.1002/sce.21193>
- Vandermaas-Peeler, M., Massey, K., & Kendall, A. (2016). Parent Guidance of Young Children's Scientific and Mathematical Reasoning in a Science Museum. *Early Childhood Education Journal, 44*(3), 217–224. <https://doi.org/10.1007/s10643-015-0714-5>
- Vandermaas-Peeler, M., Mischka, M., & Sands, K. (2019). 'What do you notice?' Parent guidance of preschoolers' inquiry in activities at home. *Early Child Development and Care, 189*(2), 220–232. <https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1310724>
- Vandermaas-Peeler, M., Westerberg, L., Fleishman, H., Sands, K., & Mischka, M. (2018). Parental guidance of young children's mathematics and scientific inquiry in games, cooking, and

- nature activities. *International Journal of Early Years Education*, 26(4), 369–386.
<https://doi.org/10.1080/09669760.2018.1481734>
- Vedder-Weiss, D. (2022). Discourse genres and children agency in everyday family science engagement. *Learning, Culture and Social Interaction*, 37, 100649.
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2022.100649>
- Vieluf, S., Praetorius, A.-K., Rakoczy, K., Kleinknecht, M., & Pietsch, M. (2020). Angebots-Nutzungs-Modelle der Wirkweise des Unterrichts. Ein kritischer Vergleich verschiedener Modellvarianten. In A.-K. Praetorius, J. Grünkorn, & E. Klieme (Eds.), *Zeitschrift für Pädagogik: Beiheft 66. Empirische Forschung zu Unterrichtsqualität. Theoretische Grundfragen und quantitative Modellierungen* (1st ed., pp. 63–80). Beltz Juventa.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual Change in Learning and Instruction: The Framework Theory Approach. In S. Vosniadou (Ed.), *Educational psychology handbook series. International handbook of research on conceptual change* (2. ed., pp. 11–30). Routledge.
- Votruba-Drzal, E. (2003). Income Changes and Cognitive Stimulation in Young Children's Home Learning Environments. *Journal of Marriage and Family*, 65(2), 341–355. <http://www.jstor.org/stable/3600081>
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and Speech. In R. W. Rieber, A. S. Carton, L. S. Vygotsky, & J. S. Bruner (Eds.), *The Collected Works of L. S. Vygotsky: Vol. 1. Problems of general psychology. Including the volume "Thinking and speech"* (pp. 37–285). Plenum Press.
- Wang, M.-T., & Degol, J. (2013). Motivational Pathways to STEM Career Choices: Using Expectancy-Value Perspective to Understand Individual and Gender Differences in STEM Fields. *Developmental Review*, 33(4). <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.08.001>
- Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, 337–375. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.43.020192.002005>
- Westerberg, L., Schmitt, S. A., Eason, S. H., & Purpura, D. J. (2022). Home science interactions and their relation to children's science core knowledge in preschool. *Journal of Experimental Child Psychology*, 222, 105473. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105473>
- Whitehurst, G. J., & Lonigan, C. J. (1998). Child Development and Emergent Literacy. *Child Development*, 69(3), 848. <https://doi.org/10.2307/1132208>
- Wiehle, K. (2016). *Alle vier Jahreszeiten* [All four seasons]. Beltz & Gelberg.
- Wigfield, A., Eccles, J. S., Fredricks, J. A., Simpkins, S., Roeser, R. W., & Schiefele, U. (2015). Development of Achievement Motivation and Engagement. In R. M. Lerner (Ed.), *Handbook of child psychology and developmental science* (7. ed., pp. 1–44). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781118963418.childpsy316>
- Wirth, A., Stadler, M., Birtwistle, E., & Niklas, F. (2023). New directions in the conceptualization and operationalization of the home learning environment. *Journal of Educational Psychology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1037/edu0000749>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and Allied Disciplines*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Zady, M. F [Madelon F.], & Portes, P. R [Pedro R.] (2001). When Low-SES Parents Cannot Assist Their Children in Solving Science Problems. *Journal of Education for Students Placed at Risk (JESPAR)*, 6(3), 215–229. https://doi.org/10.1207/S15327671ESPR0603_4
- Zhang, X., Hu, B. Y., Ren, L., & Zhang, L. (2019). Family socioeconomic status and Chinese children's early academic development: Examining child-level mechanisms. *Contemporary Educational Psychology*, 59, 101792. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101792>

- Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3–17. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2
- Zimmerman, H. T., Reeve, S., & Bell, P. (2010). Family sense-making practices in science center conversations. *Science Education*, 94(3), 478–505. <https://doi.org/10.1002/sce.20374>
- Zippert, E. L., & Rittle-Johnson, B. (2020). The home math environment: More than numeracy. *Early Childhood Research Quarterly*, 50, 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.07.009>

Zusammenfassung (deutsch)

Eine frühe Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften gilt als prädiktiv für die Ausbildung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, welche als Voraussetzung für eine Teilhabe in einer technisch-naturwissenschaftlich orientierten Gesellschaft angesehen wird. Für jüngere Kinder, aber auch solche, die bereits die Schule besuchen, ist die familiäre Lernumwelt (*Home Learning Environment*, HLE) ein wichtiger Einflussfaktor für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen, wie die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens, motivationalen Orientierungen, aber auch der Lernprozesse, die die Kinder in den Interaktionen mit den Elternteilen durchlaufen. Die HLE wird als ein Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren angenommen, von denen die unmittelbaren Interaktionen zwischen Elternteil und Kind als proximaler und zentraler Faktor für die kindliche Entwicklung wahrgenommen werden. Diese werden von distalen Faktoren wie dem familiären sozioökonomischen Status (*socio-economic status*, SES) oder elterlichen Orientierungen zur Förderung ihres Kindes oder gegenüber einer bestimmten Domäne beeinflusst. Deren Effekte können auf die kindlichen Kompetenzen durch die Interaktionen wiederum mediiert werden. Während in anderen Domänen wie *Literacy* und *Numeracy* ein relativ breiter Forschungskorpus über die HLE und die darin stattfindenden Interaktionen vorliegt, ist in der naturwissenschaftlichen Domäne wenig dazu bekannt. Zum Beispiel ist unklar, inwieweit die Häufigkeit von Interaktionen die Effekte distaler Faktoren auf die kindlichen Kompetenzen mediiert, wie unterschiedliche Interaktionstypen differenziert werden können und inwieweit diese differenziell mit den kindlichen Kompetenzen zusammenhängen. Dabei ist zusätzlich unklar, ob die Befunde aus anderen Domänen auf den naturwissenschaftlichen Kontext übertragbar sind. Neben der Häufigkeit wird auch die Qualität der Interaktionen als bedeutsam für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder angenommen, also *wie* die Eltern mit ihren Kindern interagieren. Bislang herrscht in der Forschung zu naturwissenschaftlichen Eltern-Kind-Interaktionen allerdings wenig Konsens darüber, was bedeutsame Merkmale von Interaktionsqualität ausmacht. Bisherige Studien fokussieren oftmals auf einzelne Aspekte der Interaktionsqualität mit stark unterschiedlichen Operationalisierungen und Terminologien über die Studien hinweg. Dadurch wird einerseits die Vergleichbarkeit der Studien, andererseits die Identifikation übergeordneter Prinzipien erschwert, die allgemein als wichtige Merkmale qualitativ bedeutsamer Interaktionen angesehen werden. Zusätzlich ist durch eine unklare konzeptuelle Definition der Interaktionsqualität die Identifikation von deren Zusammenhänge mit den unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder erschwert.

Um diese Forschungslücken zu schließen, wurde die naturwissenschaftliche HLE mit einem Fokus auf den darin stattfindenden Interaktionen zwischen Elternteil und Kind in drei aufeinanderfolgenden Studien untersucht. Studie 1 untersuchte die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Interaktionstypen in der naturwissenschaftlichen HLE und deren Einfluss auf das naturwissenschaftliche Wissen von Kindern. Die quantitative Analyse von Daten aus der TIMS-Studie 2019 zeigte, dass naturwissenschaftliche Interaktionen in der HLE in verschiedene Typen unterteilt werden können: *science talk* umfasst das Sprechen über alltägliche naturwissenschaftliche Inhalte, während *science experiences* gemeinsame Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Medien und Materialien beinhalten. Es wurde darüber hinaus mittels Strukturgleichungsmodelle gezeigt, dass der *science talk*, nicht aber die *science experiences*, mit dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder zusammenhängt und Einflüsse distaler Faktoren wie dem familiären sozioökonomischen Status (SES) oder den Orientierungen der Eltern zu den Naturwissenschaften auf das naturwissenschaftliche Wissen der Kinder mediiert. Dies weist auf die besondere Bedeutung gemeinsamer Gespräche über die Naturwissenschaften hin, die eine zentrale Rolle in der HLE für die kindlichen Kompetenzen einnehmen. Gleichzeitig könnte neben der Häufigkeit auch die Qualität dieser Gespräche eine Rolle für die naturwissenschaftliche Entwicklung spielen. Zum Beispiel ist es annehmbar, dass ohne qualitativ bedeutsame Gespräche während der *science*

experiences diese auch weniger hilfreich für die kindlichen Kompetenzen sein könnten, was (unter anderem) die nicht signifikanten Beziehungen zwischen den *science experiences* und dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder erklären könnte. Studie 1 gibt somit erste Hinweise, welche Interaktionen insbesondere für die kindliche naturwissenschaftliche Entwicklung bedeutsam sind und ergänzt die (wenigen) bisherigen Befunde aus dem naturwissenschaftlichen Kontext durch eine systematische Untersuchung der Wechselwirkungen unterschiedlicher Faktoren der naturwissenschaftlichen HLE.

In Studie 2 wurden nähere Untersuchungen zur Qualität gemeinsamer Eltern-Kind-Interaktionen in den Naturwissenschaften durchgeführt. Aufgrund der unklaren konzeptuellen Definition von Interaktionsqualität mit stark unterschiedlichen Operationalisierungen und Terminologien in bisherigen Studien, und der uneindeutigen Befundlage, wurde in Studie 2 ein systematisches Review von 81 Studien durchgeführt, um übergeordnete Dimensionen und Facetten der Interaktionsqualität in der naturwissenschaftlichen HLE zu identifizieren. Einerseits konnte eine emotional-motivationale Dimension als übergeordnete, wichtige Dimension von Interaktionsqualität herausgestellt werden, die in bisheriger Forschung allerdings weniger Beachtung fand. Davon konnte konzeptuell eine generisch kognitiv-orientierte Dimension getrennt werden (inkl. kognitive Aktivierung und Unterstützung) sowie eine domänenspezifische Dimension, welche Aspekte von Interaktionsqualität umfasst, die rein domänenspezifisch sind oder wenig mit anderen Domänen übereinstimmen (z.B. fachliche Erklärungen, Verknüpfungen zum lebensweltlichen Alltag des Kindes). In einem zweiten Schritt wurden Zusammenhänge zwischen diesen identifizierten, übergeordneten Dimensionen von Interaktionsqualität und unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen des Kindes identifiziert (naturwissenschaftliches Wissen, motivationale Orientierungen und Lernprozesse). Die meisten Studien fokussierten sich auf Zusammenhänge zwischen kognitiv-orientierten Dimensionen und dem naturwissenschaftlichen Wissen und den Lernprozessen der Kinder, während sowohl Zusammenhänge mit einer emotional-motivationalen Dimension und Zusammenhänge mit den motivationalen Orientierungen der Kinder bislang wenig Beachtung fanden. Trotz einer systematischen Kategorisierung dieser Zusammenhänge anhand eines konzeptuellen Rahmens konnten weiterhin keine Regelmäßigkeiten in den Zusammenhängen zwischen Interaktionsqualität und Kindoutcomes gefunden werden. Eine Ursache dafür könnten die uneinheitlichen Operationalisierungen von Interaktionsqualität oder den kindlichen Outcomes sein, oder die individuellen Voraussetzungen der Kinder wie ihr Alter, kognitive Fähigkeiten oder Motivation, die womöglich die Interaktionen mit ihren Eltern beeinflussen. Dennoch könnte diese konzeptuelle Rahmung als Bezugspunkt für zukünftige Forschung dienen, welcher ggf. eine systematischere Erfassung von Interaktionsqualität nicht anhand von einzelnen Aspekten, sondern übergeordneten Dimensionen ermöglicht. Dieser Rahmen könnte darüber hinaus systematischere Aussagen treffen lassen, wie diese Dimensionen mit verschiedenen Kompetenzen in den Naturwissenschaften (differenziell) zusammenhängen.

Daher wurde aufbauend auf diesem konzeptuellen Rahmen die Interaktionsqualität in einer alltäglichen naturwissenschaftlichen Situation erfasst und analysiert. 61 Eltern-Kind-Paare wurden beim gemeinsamen Lesen eines fast textlosen Bilderbuchs zum Thema „Jahreszeiten“ beobachtet. Dabei wurden auch Aspekte beleuchtet, die in Studie 2 als bislang wenig beachtet identifiziert wurden (z.B. die elterliche emotional-motivationale Unterstützung, die motivationalen Outcomes der Kinder). Die emotional-motivationale Unterstützung war insgesamt hoch ausgeprägt, während die kognitiv-orientierten Dimensionen (sowohl generische als auch domänenspezifische) geringer ausgeprägt waren, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass die Familien einerseits nicht explizit aufgefordert wurden, sich kognitiv mit dem naturwissenschaftlichen Thema auseinanderzusetzen, andererseits, dass einige Eltern weniger Ideen darüber hatten, welche Themen sie mit ihren Kindern besprechen konnten. Diesbezüglich zeigte sich jedoch eine erhebliche Varianz zwischen den Familien, sodass einige Eltern sich stark, einige wiederum sehr wenig kognitiv mit ihren Kindern in der gemeinsamen Interaktion

engagierten. Darüber hinaus wurden positive Zusammenhänge zwischen kognitiv-orientierten (generischen und domänenspezifischen) Merkmalen der Interaktionsqualität und dem naturwissenschaftlichen Wissen der Kinder festgestellt (während insbesondere die domänenspezifischen Aspekte bedeutsam zu sein scheinen). Zudem ergaben sich signifikante positive Zusammenhänge zwischen den kognitiv-orientierten Dimensionen und der Lernfreude der Kinder, jedoch nicht mit deren Selbstkonzept. Die emotional-motivationale Unterstützung der Eltern hing nicht mit dem Wissen oder den motivationalen Orientierungen der Kinder zusammen, jedoch stark positiv mit deren Lernprozessen, die die Effekte der emotional-motivationalen Unterstützung möglicherweise auf die anderen Outcomes medieren. Insgesamt zeigte Studie 3 die Komplexität der Interaktionsqualität in der naturwissenschaftlichen HLE auf, sowie die Wichtigkeit einer qualitativ hochwertigen Lernumwelt für unterschiedliche naturwissenschaftliche Kompetenzen der Kinder. Aus diesen Ergebnissen könnten sich erste Hinweise ableiten lassen (z.B. auch für *best-practice-examples*), wie Eltern ihre Kinder hinsichtlich unterschiedlichster Aspekte in der HLE bestmöglich fördern können.

Diese Dissertation bietet somit erste und neue Einblicke in die Natur der naturwissenschaftlichen HLE und deren Zusammenhänge mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Kindern. Es wurde gezeigt, dass sowohl die Häufigkeit als auch die Qualität von Interaktionen in der HLE bedeutend sind und – neben distalen Faktoren – einen zentralen Einflussfaktor für unterschiedliche naturwissenschaftliche Kompetenzen darstellen. Zudem gibt diese Arbeit neue Einblicke in die Konzeption der Interaktionsqualität, die Ausprägung ihrer unterschiedlichen Dimensionen, und systematischere Einblicke in differenzielle Zusammenhänge mit unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder. Eine Stärke dieser Arbeit könnten somit die unterschiedlichen Perspektiven auf die HLE (hinsichtlich quantitativer, literaturbasierter Analysen und Beobachterratings) und die Fokussierung auf unterschiedliche Kompetenzen der Kinder zugleich sein. Damit konnten neue Sichtweisen auf die HLE gewonnen werden, die wertvolle Grundlagen für zukünftige konzeptuelle und empirische Untersuchungen schaffen könnten sowie die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung der naturwissenschaftlichen HLE für die Entwicklung effektiver Bildungsstrategien betonen. Implikationen für zukünftige Forschungsvorhaben könnten bedeuten, die HLE zudem längsschnittlich zu betrachten, um konkretere Aussagen über die Richtung der hier gefundenen Zusammenhänge machen zu können. Zugleich könnten durch diese Arbeit Implikationen für die Praxis abgeleitet werden, um Beispiele für Eltern zu schaffen (z.B. im Austausch mit pädagogischen Fachkräften), um ihre Kinder in Interaktionen in der naturwissenschaftlichen HLE bestmöglich emotional-motivational als auch hinsichtlich kognitiv-orientierter Aspekte zu unterstützen.

Summary (English)

An early engagement with science is considered predictive of the development of scientific literacy, which is often seen as a prerequisite for participation in a technologically and scientifically oriented society. For younger children, as well as those already attending school, the home learning environment (HLE) is an important influencing factor for scientific learning, such as the development of scientific knowledge, motivational attitudes, and the children's engagement in interactions with their parents. The HLE is assumed to be an interplay of different factors, with interactions between parents and children often seen as a proximal and central factor for child development. Distal factors like the family's socioeconomic status (SES) or parental beliefs and attitudes (e.g., towards fostering their child in various domains, domain-specific attitudes like their interest or self-concept) influence these interactions which, in turn, mediate their effects on the children's science learning.

While there is a relatively broad research corpus on the HLE and the interactions within the HLE for the domains of literacy and numeracy, less is known for the scientific domain. For example, little is known about how the frequency of interactions mediates the effects of distal factors on the children's learning, or the extent to which various types of interactions can be differentiated and have differential effects on the children's learning. Additionally, it is unclear how findings from other domains are transferable to the scientific context. Besides frequency, the quality of interactions is also assumed to be significant for children's scientific learning, i.e., how parents interact with their children. However, there is little consensus so far on what constitutes significant principles of interaction quality. Previous studies often focus on individual aspects of interaction quality with highly varying operationalizations and terminologies across studies. This makes it difficult to compare studies and identify overarching principles that are generally considered important features of high-quality interactions. Furthermore, unclear conceptual definitions of interaction quality complicate identifying its relationships with different aspects of children's scientific learning.

To address these research gaps, the scientific HLE was investigated in three consecutive studies with a focus on the interactions between parent and child. Study 1 used quantitative analyses to differentiate between the frequency of different types of interactions in the scientific HLE and their associations with children's scientific knowledge. Analysis of data from TIMSS 2019 showed that scientific interactions in the HLE could be divided into two different types: science talk includes talking about everyday scientific content, while science experiences involve shared experiences with scientific media and materials. Using structure-equation modeling, it was shown that only science talk is related to children's scientific knowledge and mediates the effects of distal factors such as family SES or parents' beliefs and attitudes towards science on children's scientific knowledge. For science experiences no such correlation was found. This highlights the particular importance of joint conversations about science, which play a central role in the HLE for the children's learning. Besides frequency also the quality of these conversations might influence children's science learning. It is conceivable that without high-quality conversations during science experiences, these experiences might be less helpful for children. This, in turn, potentially explains the non-significant relationships between science experiences and children's scientific knowledge. Thus, Study 1 provides initial insights into which interactions are particularly significant for children's scientific development and supplements the (few) previous findings from the scientific context through a systematic investigation of the interactions between different factors of the scientific HLE.

Building upon the findings in Study 1, Study 2 conducted closer examinations of the quality of joint parent-child interactions in science. Due to the ambiguous conceptual definition of interaction quality and the unclear findings in previous studies, a systematic review of 81 studies was conducted to identify overarching dimensions and facets of interaction quality in the scientific HLE. An emotional-motivational dimension emerged as an overarching, important dimension of interaction quality that has, however, received less attention in previous research. Conceptually, a generic cognitive-oriented

dimension (including cognitive activation and support) and a domain-specific cognitive-oriented dimension, which includes aspects of interaction quality that are solely domain-specific or have little overlap with other domains (e.g., science explanations, connections to the child's previous knowledge or everyday life), could be conceptually separated. In a second step, relationships between these identified overarching dimensions of interaction quality and different aspects of children's learning (scientific knowledge, motivational attitudes, and engagement) were identified. Most studies focused on relationships between cognitive-oriented dimensions and children's scientific knowledge and engagement, while relationships with an emotional-motivational dimension and relationships with children's motivational attitudes received less attention. Despite a systematic categorization of these relationships based on a conceptual framework, no correlations between interaction quality and child outcomes could be found. This might be due to unclear operationalizations of interaction quality and children's outcomes, as well as children's individual prerequisites like age, previous knowledge, or motivation, which likely influence interaction quality. However, this conceptual framework could serve as a reference point for future research, enabling more systematic analyses of interaction quality that are rather based on overarching dimensions considered important for high-quality interactions in previous research than on individual aspects. This allows for more systematic statements about how these dimensions are (differentially) related to various aspects of children's scientific learning.

Based on this conceptual framework, Study 3 analyzed the quality of interactions in a daily scientific situation and related interaction quality to various children's outcomes, including their scientific knowledge, motivation, and engagement. Sixty-one parent-child pairs were observed while reading an almost wordless picture book about the four seasons together. Emotional-motivational support was generally high, while cognitive-oriented dimensions (both generic and domain-specific) were less pronounced, possibly because families were not explicitly asked to engage cognitively with the scientific topic, or because some parents had fewer ideas about which topics they could discuss with their children. However, there was significant variance between families, with some parents engaging heavily and others very little in cognitive-oriented interactions with their children. Additionally, positive relationships were found between cognitive-oriented (generic and domain-specific) dimensions of interaction quality and children's scientific knowledge (with domain-specific aspects being particularly associated). Moreover, significant positive relationships were found between cognitive-oriented dimensions and children's enjoyment of learning, but not with their self-concept. Parental emotional-motivational support was not related to children's knowledge or motivational attitudes but was strongly positively related to their engagement, possibly mediating the effects of emotional-motivational support on other outcomes. Overall, Study 3 demonstrates the complexity of interaction quality in the scientific HLE and the importance of a qualitatively high learning environment for children's scientific learning. From these results, initial suggestions can be derived (e.g., for best-practice examples) on how parents can best support their children in the HLE regarding various aspects of children's science learning.

This dissertation might provide new insights into the nature of the scientific HLE and its relationships with children's scientific learning. It has shown that both the frequency and quality of interactions in the HLE are significant and, alongside distal factors, represent a central influencing factor for various aspects of children's learning. Furthermore, this work offers new insights into the conception of interaction quality through different dimensions, how these are pronounced, and more systematic insights into differential relationships with different aspects of children's learning. Potential strengths of this work are the different perspectives on the HLE (in terms of quantitative, literature-based analyses and observer ratings) and the focus on different aspects of children's learning. This could yield entirely new perspectives on the HLE, providing valuable foundations for future conceptual and empirical studies and emphasizing the necessity of a differentiated consideration of the scientific HLE for the development of effective educational strategies for parents. Implications for future research projects could mean considering the HLE longitudinally or using quasi-experimental designs to make more concrete statements about the causality of found correlations. The findings of this study may have also

implications for practice, e.g. creating examples for parents (e.g., in exchange with educational professionals) to best support their children in interactions in the scientific HLE both emotionally-motivationally and in terms of cognitive-oriented aspects.

Liste der Einzelarbeiten dieser Dissertation

Dominke, H., & Steffensky, M. (2024). The science-specific home learning environment of elementary school children – how are science experiences and science talk associated with the children's science achievement? *Research in Science & Technological Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2375512>

Dominke, H., & Steffensky, M. (2025). The quality of parent–child interactions in science and associations with children's science learning: A systematic review. *Review of Education*, 13(2), 1–31. <https://doi.org/10.1002/rev3.70067>

Dominke, H., Barenthien, J., Oppermann, E., Burghardt, L., & Steffensky, M. (2025). The Quality of Interactions in the Home Science Environment and Associations With Children's Science Learning. *Science Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1002/sce.21964>

Anhang: Ratingsystem aus Studie 3

Ratingmanual - Vorlesesituationen als naturwissenschaftliche Lernprozesse in der Familie

Dimensionen der Interaktionsqualität

Engagement des Kindes

Inhaltsverzeichnis

Einführung	146
Ablauf der halbstandardisierten Vorlesesituation	146
Rating und Codierung.....	149
Die Qualitätsdimensionen - Elternteil	151
Sozio-emotionale Unterstützung	151
Positive Beziehung	152
Autonomieunterstützung.....	154
Kompetenzunterstützung.....	157
Kognitive Interaktion.....	159
Kognitive Aktivierung	160
Kognitive Unterstützung	163
(Fach-)sprachliche Unterstützung	166
Naturwissenschaftsspezifische Interaktion.....	168
Gespräche über naturwissenschaftliche Inhalte.....	169
Relevanz der naturwissenschaftlichen Inhalte.....	173
Engagement - Kind.....	175
Teilnahme am Gespräch.....	175
Emotionales und behaviorales Engagement.....	177
Literaturverzeichnis	179

Einführung

Ablauf der halbstandardisierten Vorlesesituation

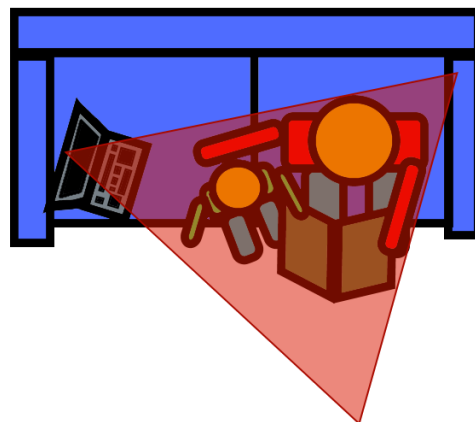
Terminabsprache

Nachdem die Eltern ihr Einverständnis an der Teilnahme der Vorlesesituation gegeben haben, wird ihnen das entsprechende Buch zugesandt (Wiehle, 2016). Ihnen wird mitgeteilt, dass sie das Buch vorher noch nicht lesen sollen. Sobald das Buch bei den Eltern eingetroffen ist, melden sich die Eltern zurück (bzw. spätestens 7 Tage nach Aufgabe der Postsendung wird sich bei den Eltern zurückgemeldet) und ein Termin wird mit den Eltern vereinbart.

Den Eltern wird dann ein Link zugeschickt, sodass das Treffen am vereinbarten Termin virtuell bzw. digital via einer Webkonferenz (BigBlueButton oder Zoom) stattfinden kann. Benötigt wird hierfür ein Laptop mit Kamera/eine Webcam, sodass auch Videomaterial gesehen und aufgenommen werden kann. Dafür wird den Eltern eine Checkliste (Anhang) bereitgestellt, in der eine Anleitung zum Start von BigBlueButton oder Zoom sowie Hinweise zum Ablauf der Vorlesesituation gegeben werden.

Treffen

Nach der Begrüßung werden die Eltern gefragt, ob sie sich einen ungestörten Ort ausgesucht haben, wo sie in Ruhe lesen können oder auch sonst mit ihrem Kind zusammen lesen. Ansonsten werden sie gebeten, sich einen entsprechenden Ort auszusuchen. Die Eltern werden dann gebeten, den Laptop/die Webcam so zu positionieren, dass Elternteil und Kind gut gesehen werden können, z.B. wie in der folgenden Abbildung:



Hinweise an die Eltern

Sobald ein ungestörter Ort aufgesucht und die Kamera gut positioniert wurde, wird den Eltern eine kurze Anweisung zum Ablauf gegeben und nach der Einverständniserklärung gefragt, sofern diese noch nicht anderweitig zurückgeschickt wurde:

[Aufnahme via BigBlueButton/Zoom starten]

„Als erstes möchte ich euch bitten, die Einverständniserklärung, die ich euch zugeschickt habe, einmal in die Kamera zu halten.“

[Elternteil hält Einverständniserklärung in die Kamera, dies wird unbedingt aufgenommen, d.h. die Aufnahme muss laufen und die Einverständniserklärung gut sichtbar durch die Kamera erfasst werden.]

„Ich sage euch noch einmal kurz, worum es geht, dann werde ich mich wegschalten, damit ihr ungestört lesen könnt. Ich werde dabei in Hörweite bleiben, falls technische Probleme auftreten, beschäftige mich aber kurz mit etwas anderem, damit ihr ganz für euch seid.

Ich habe euch ein Bilderbuch zugeschickt, in dem ihr ganz viel entdecken könnt. Ich bitte euch, das Buch so zu lesen, wie ihr das sonst auch immer macht. Ihr müsst das Buch auch nicht durchlesen und könnt euch Zeit bei den einzelnen Seiten lassen. Macht es wirklich so wie immer - es gibt dabei natürlich kein richtiges oder falsches Vorgehen. Einige Familien sind schon nach 15 Minuten fertig, andere brauchen über 30 Minuten, ich werde mich in spätestens einer halben Stunde melden und fragen, ob ihr langsam aufhören oder noch weitermachen wollt. Damit ich euch nicht störe, schalte ich meine Kamera jetzt weg und wünsche euch ganz viel Spaß beim Lesen.

[Testleiter schaltet seine Kamerafreigabe und sein Mikrofon aus.]

Der Testleiter stoppt die Zeit und fragt nach etwa 30 Minuten, ob die Eltern noch weiter mit dem Kind lesen wollen. Falls die Eltern-Kind-Dyade vorher fertig ist: Erst, wenn die Eltern das deutliche Signal geben, dass sie fertig sind, schaltet der/die TestleiterIn die eigene Kamera und das Mikrofon wieder ein. Die Aufnahme wird noch nicht abgebrochen: Die abschließenden Reflexionsfragen werden ebenfalls videographiert.

Vielen Dank, dass ihr beide mitgemacht habt. Ich hoffe, dass es euch gefallen hat! Zum Abschluss habe ich noch ein paar kurze Fragen an dich/Sie, < Elternteil >. Möchtest du, < Kind >, noch dabei sein? (Falls ja: Wenn dir dabei langweilig wird, musst du uns aber nicht weiter zuhören, sondern kannst uns dann auch allein lassen.)

Abschließende Fragen an die Eltern (offenes Format)

1. Habt ihr das Buch vorher schon einmal angeschaut (bzw. gelesen)?
2. Erinner dich/ Erinnern Sie sich bitte zurück: Welche naturwissenschaftlichen Inhalte habt ihr beim Vorlesen explizit thematisiert?
 - a. Falls Elternteil hauptsächlich belebte Natur (Tiere und Pflanzen) erwähnt: Ihr habt ja ganz viel über Pflanzen und Tiere geredet, habt ihr auch etwas über die unbelebte Natur herausgefunden?
3. Welche naturwissenschaftlichen Inhalte sind dir/Ihnen beim Lesen noch aufgefallen, die man noch mit <Name des Kindes> besprechen könnte (und die noch nicht besprochen wurden)?
4. Woran war <Name des Kindes> besonders interessiert?
5. Was hat während der Aktivität besonders gut gefallen? Was wurde gut gemacht?
6. Gab es etwas, was das nächste Mal bei so einer Aktivität noch besser laufen könnte?
7. Was waren Herausforderungen bei der Aktivität? (z.B. fiel ein Inhalt des Buches besonders schwer zu vermitteln oder zu erklären?)
8. War es gerade eine typische Vorlesesituation zwischen euch/Ihnen beiden?
9. Inwieweit hat die Kamera gestört? Hat es euch abgelenkt, dass ihr aufgenommen wurdet? (auch nachfragen, falls nicht erwähnt: Wie schätzt du/schätzen Sie ein, inwieweit <Name des Kindes> von der Kamera abgelenkt war?)
10. Gutscheine von Hugendubel oder Amazon?

[Aufnahme via BigBlueButton/Zoom beenden]

Nach den abschließenden Fragen wird die Aufzeichnung beendet, dem Elternteil und dem Kind gedankt und sich höflich verabschiedet.

Rating und Codierung

Vergabe eines Ratingscores

Die Interaktion zwischen Elternteil und Kind wird in drei verschiedenen Dimensionen (sozio-emotionale Unterstützung, kognitive Interaktion und naturwissenschaftliche Interaktion) durch ein hoch-inferentes Verfahren geratet. Die 3 Dimensionen werden wiederum jeweils durch eine Anzahl von Facetten definiert.

Jede Facette wird zudem durch verschiedene Indikatoren näher beschrieben, die Hinweise zur Beschaffenheit der Facette geben und welche jeweiligen Verhaltensweisen des Elternteils ausschlaggebend für diese Facette sind. Es ist zu beachten, dass diese Indikatoren nur unterstützende Hilfen sind, um den Ratingscore der jeweilige Facette zu begründen. Sie repräsentieren keine Checkliste, inwieweit und ob diese Indikatoren vorliegen oder nicht. Zudem gibt es für die jeweilige Facette auch Indikatoren, die per se nicht beobachtbar sind (z.B. das Flow-Erleben eines Kindes, welches hohes Interesse an einem Gegenstand widerspiegelt), dennoch interpretiert und ggf. ausschlaggebend für den Ratingscore sein können. Grundsätzlich gilt, dass für die jeweilige Facette neben dem Vorliegen oder Nichtvorliegen eines bestimmten Verhaltens (z.B. werden offene Fragen gestellt?) auch die Häufigkeit (z.B. wie oft werden offene Fragen gestellt?) und die Intensität und Dauer (inwieweit wird das Kind durch die offene Frage zum Nachdenken herausgefordert? bzw. inwieweit entspinnt sich ein Dialog zwischen Elternteil und Kind?) eine Rolle für die Vergabe eines Ratingscores spielt.

Jedes Facette wird durch einen Wert von 1-4 qualitativ geratet: Eine 1 repräsentiert eine niedrige qualitative Ausprägung der Facette, während eine 4 eine hohe qualitative Ausprägung des Facette entspricht. Folgende Tabelle kann als Grundlage für die Bewertung der Facette gesehen werden, ist aber für jede Facette noch einmal gesondert beschrieben:

1	2	3	4
Das Verhalten des Elternteils bezüglich dieser Facette weist auf niedrige Qualität hin: Bestimmte Verhaltensweisen, wie z.B. in den Indikatoren beschrieben, liegen kaum oder gar nicht vor. Sind diese Verhaltensweisen beobachtbar, liegen sie hingegen nur in geringer Ausprägung vor.	Das Verhalten des Elternteils bezüglich dieser Facette weist auf eher niedrige Qualität hin: Die Verhaltensweisen, die z.B. in den Indikatoren beschrieben sind, liegen nur manchmal vor. Diese Verhaltensweisen sind dabei eher weniger stark ausgeprägt und weisen ggf. eine geringere inhaltliche Tiefe auf.	Das Verhalten des Elternteils bezüglich dieser Facette weist auf eher hohe Qualität hin: Die Verhaltensweisen bzgl. dieses Facette, wie z.B. in den Indikatoren beschrieben, liegen häufiger vor. Außerdem sind diese Verhaltensweisen höher ausgeprägt bzw. elaborierter und weisen eine höhere inhaltliche Tiefe auf.	Das Verhalten des Elternteils bezüglich dieser Facette weist auf hohe Qualität hin: Bestimmte Verhaltensweisen, wie z.B. in den Indikatoren beschrieben, liegen häufig oder durchgehend vor. Es ist zudem beobachtbar, dass diese Verhaltensweisen häufig elaboriert sind und eine hohe inhaltliche Tiefe aufweisen.

Zeitintervalle

Die Vorlesesituationen werden in Zyklen geratet. Jeder Zyklus umfasst nach Möglichkeit 10 Minuten und wird unabhängig von dem vorherigen bewertet. Falls die Dauer einer Situation 10 Minuten unterschreiten sollte, kann dementsprechend nur das vorhandene Zeitintervall geratet werden. Sollte eine Vorlesesituation diese Dauer überschreiten, wird nach den ersten 10 Minuten ein neuer Zyklus begonnen. Jeder Zyklus steht für sich allein und kann sich ggf. von dem vorherigen unterscheiden. Der/die Rater/in muss jeden Zyklus objektiv betrachten, sodass die Eindrücke aus dem vorherigen Zyklus die Eindrücke aus dem nächsten Zyklus nicht beeinflussen. Die Scores für die jeweilige Facette werden über die verschiedenen Zyklen hinweg gemittelt, um einen finalen Ratingscore für die Facetten zu erhalten.

Die Qualitätsdimensionen - Elternteil

Sozio-emotionale Unterstützung

Positive Beziehung basiert auf der „sozialen Einbindung“ der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993). Es beschreibt die sozio-emotionale Beziehung zwischen Elternteil und Kind. Im Allgemeinen beschreibt diese Facette, wie herzlich und warm die Interaktion erfolgt und inwieweit eine positive Atmosphäre herrscht, wie die verbale und nonverbale Wärme, Herzlichkeit, gemeinsamen Respekt und wie viel Zeit sich das Elternteil für die Interaktion nimmt (vgl. Clingenpeel & Pianta, 2007; Pianta et al., 2008; Totsika & Sylva, 2004).

Autonomieunterstützung basiert auf dem „Autonomieerleben“ der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993). Es beschreibt, wie selbständig das Kind interagieren kann und inwieweit es Möglichkeiten erhält, aktiv und initiativ zu handeln. Es beschreibt dabei auch den Interaktionsstil zwischen Elternteil und Kind, d.h. ob die Interaktion eher kindzentriert oder direktiv durch das Elternteil erfolgt. Ein kindzentrierter Interaktionsstil liegt dann vor, wenn das Elternteil den Ideen und Kommentaren des Kindes folgt, dem Kind Gelegenheiten gibt, eigene Ideen zu entwickeln und das Kind die Interaktion mitbestimmen kann. Dabei hat das Kind Möglichkeiten, Themen, Inhalte und Gegenstände aus dem Buch mitzubestimmen und so das Geschehen zu beeinflussen. Demgegenüber steht ein eher direkter Interaktionsstil, in welchem das Elternteil das Gespräch anführt und initiiert, hauptsächlich die Fragen stellt und dem Kind weniger Eigeninitiative gewährt, sodass das Kind kaum selbst ein Gespräch beginnen, Fragen aufwerfen oder eigene Ideen einbringen kann. Dabei gibt das Elternteil Themen, Inhalte und Gegenstände aus dem Buch eher selbst vor. Dies bildet zusammen mit anderen Facetten den (motivationalen) Rahmen, innerhalb dessen sich das Kind selbstbestimmt wahrnehmen kann und auch kognitive (Lern-)Prozesse ablaufen können.

Kompetenzunterstützung basiert auf dem „Kompetenzerleben“ der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993). Es beschreibt, wie sich das Kind als effektiv wirkend und kompetent wahrnehmen kann. Dies wird durch ein optimales Anforderungsniveau für die Altersstufe des Kindes und entsprechend responsivem Verhalten des Elternteils sowie durch positives Feedback erreicht.

Diese drei Facetten bilden zusammen den (motivationalen) Rahmen, innerhalb dessen sich das Kind selbstbestimmt wahrnehmen kann und schließlich auch kognitive (Lern-)Prozesse ablaufen können.

Positive Beziehung

<p>Grundidee: Diese Facette basiert auf der „sozialen Einbindung“ der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993). Es beschreibt die sozio-emotionale Beziehung zwischen Elternteil und Kind. Im Allgemeinen beschreibt diese Facette, wie herzlich und warm die Interaktion erfolgt und inwieweit eine positive Atmosphäre herrscht, wie die verbale und nonverbale Wärme, Herzlichkeit, gemeinsamen Respekt und wie viel Zeit sich das Elternteil für die Interaktion nimmt (vgl. Clingenpeel & Pianta, 2007; Pianta et al., 2008; Totsika & Sylva, 2004). Dies bildet zusammen mit anderen Facetten den (motivationalen) Rahmen, innerhalb dessen sich das Kind selbstbestimmt wahrnehmen kann und auch kognitive (Lern-)Prozesse ablaufen können.</p>	
Indikator	
Herzlichkeit	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit eine herzliche und warme Atmosphäre während der Interaktion herrscht und inwieweit das Elternteil und das Kind (verbal und nonverbal) positive Emotionen zeigen, die die gemeinsame Interaktion begleiten (z.B. Lächeln oder Lachen), z.B. indem sie aufgeregt Dinge im Buch zeigen, kurz die Stimme heben, mit den Händen etwas vormachen. Das Elternteil ist enthusiastisch, z.B. indem es einen interessierten Tonfall benutzt, wenn das Kind etwas äußert (z.B.: <i>erstaunt</i>: „Echt? Das ist ja cool!“, „Wow! Das hast du schon einmal gesehen/erlebt?“) oder „lustige“ Stimmen nachmacht. Demgegenüber steht eine Interaktion, die eher monoton verläuft, in der das Elternteil wenig die Stimme hebt, wenig ausgeprägte Emotionen und wenig Spaß an der Interaktion zeigt. Ggf. unterhalten sich Elternteil und Kind sogar nur leise (z.B. flüsternd) miteinander.</p>
Respekt	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit zwischen Elternteil und Kind ein respektvolles Miteinander herrscht, z.B. inwieweit sich beide ausreden lassen, nicht gegenseitig unterbrechen und einander zuhören*. Es liegen Regeln und Routinen vor, die für eine Vorlesesituation angemessen sind (Störungen und Unterbrechungen werden z.B. möglichst vermieden). Elternteil und Kind sprechen ruhig und warm miteinander und verwenden eine dem Kind angemessene Sprache.</p> <p>*Ausreden lassen und zuhören: Es kann gelegentlich auftreten, dass das Elternteil etwas erzählt, während das Kind zuhört, dann spontan etwas zu dem Gegenstand beitragen möchte und das Elternteil somit („konstruktiv“) unterbricht. Sofern dies nicht vermehrt auftritt, ist trotzdem eine hohe qualitative Ausprägung möglich. Ist die Unterbrechung nicht „konstruktiv“, d.h. zu einem anderen Gegenstand, ist eine hohe Ausprägung ggf. nicht mehr zu bewerten.</p>
Emotionales Spiegeln	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit die Emotionen des Elternteils und des Kindes miteinander übereinstimmen. Wenn das Kind lächelt oder einen Gegenstand lustig findet, zeigt das Elternteil gleiche Emotionen: Wenn sich das Kind freut, zeigt das Elternteil z.B. durch ein Lächeln die gleiche Freude, ist das Kind neugierig, geht auch das Elternteil interessiert auf den Gegenstand ein.</p>
Physische Nähe	<p>Dieser Indikator beschreibt die physische Nähe zwischen Elternteil und Kind, d.h. wie nah sie beieinandersitzen, ggf. sogar das Kind auf dem Schoß des Elternteils sitzt oder in den Arm genommen wird, wodurch sich das Kind geborgen/sicher fühlen kann. Sie rücken nah zusammen und stecken die Köpfe zusammen, beugen sich gemeinsam über das Buch. Ggf. nimmt das Elternteil das Kind sogar auf den Schoß oder in den Arm.</p>

Geduld	<p>Geduld beschreibt das Ausmaß, inwieweit ein entspanntes und ruhiges Vorlesen gewährleistet wird. Dies wird z.B. erreicht, indem das Elternteil dem Kind angemessen viel Zeit beim Betrachten der Buchseiten lässt (d.h. erst weiterblättern, wenn das Kind deutliche Signale sendet, dass es alles gesehen hat), dem Kind zuhört und es aussprechen lässt. Auch die (Körper-)Sprache des Elternteils und des Kindes sorgt für eine ruhige Lernatmosphäre und wirkt nicht hektisch, unruhig, nervös oder genervt bzw. gereizt. Das Elternteil nimmt sich Zeit für die Interaktion mit dem Kind, gestaltet die Vorlesesituation entspannt und macht keine Dinge nebenbei (wie aufs Handy schauen, mit anderen Personen im Raum sprechen, währenddessen andere Dinge erledigen wie Tee oder Kaffee zubereiten). Das Elternteil wirkt nicht so, als ob es die Vorlesesituation schnell abhandeln möchte und genießt die Zeit mit dem Kind zusammen.</p>			
Antwort				
1	2	3	4	
<p>Gar nicht oder nur selten herrscht eine positive und respektvolle Atmosphäre zwischen Elternteil und Kind. Elternteil und Kind zeigen wenige positive Emotionen oder die Interaktion wirkt „unterkühlt“. Ggf. ist das Elternteil sogar lustlos, gereizt, genervt, ungeduldig oder ironisch („Das ist nicht dein Ernst!“).</p>	<p>Manchmal herrscht eine positive und respektvolle Atmosphäre zwischen Elternteil und Kind. Manchmal zeigen Elternteil und Kind hingegen wenige (gemeinsame) positive Emotionen wie Freude oder Spaß oder diese Emotionen sind nur gering ausgeprägt. Die Interaktion wirkt ggf. manchmal etwas distanziert. Das Elternteil wirkt ggf. ungeduldig und scheint sich teilweise nicht die Zeit für die Interaktion nehmen zu wollen.</p>	<p>Es herrscht häufiger eine positive Atmosphäre zwischen Elternteil und Kind, die Interaktion wirkt dabei herzlich, warm und respektvoll. Nur gelegentlich zeigen Elternteil oder Kind weniger positive Emotionen wie Freude und Spaß an der Interaktion oder das Elternteil ist weniger enthusiastisch. Das Elternteil wirkt nicht ungeduldig und scheint sich Zeit für die Interaktion nehmen zu wollen oder es zeigen sich nur sehr leichte Anzeichen für Ungeduld.</p>	<p>Es herrscht durchgehend eine positive, herzliche und warme Atmosphäre zwischen Elternteil und Kind. Elternteil und Kind zeigen außerdem stets ein respektvolles Miteinander und das Elternteil scheint sich stets Zeit für die Interaktion nehmen zu wollen.</p>	

Autonomieunterstützung

<p>Grundidee: Diese Facette basiert auf dem „Autonomieerleben“ der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993). Es beschreibt dabei auch den Interaktionsstil zwischen Elternteil und Kind, d.h. ob die Interaktion eher kindzentriert oder direktiv durch das Elternteil erfolgt. Ein kindzentrierter Interaktionsstil liegt dann vor, wenn das Elternteil den Ideen und Kommentaren des Kindes folgt, dem Kind Gelegenheiten gibt, eigene Ideen zu entwickeln und das Kind die Interaktion mitbestimmen kann. Dabei hat das Kind Möglichkeiten, Themen, Inhalte und Gegenstände aus dem Buch mitzubestimmen und so das Geschehen zu beeinflussen. Demgegenüber steht ein eher direkter Interaktionsstil, in welchem das Elternteil das Gespräch anführt und initiiert, hauptsächlich die Fragen stellt und dem Kind weniger Eigeninitiative gewährt, sodass das Kind kaum selbst ein Gespräch beginnen, Fragen aufwerfen oder eigene Ideen einbringen kann. Dabei gibt das Elternteil Themen, Inhalte und Gegenstände aus dem Buch eher selbst vor. Dies bildet zusammen mit anderen Facetten den (motivationalen) Rahmen, innerhalb dessen sich das Kind selbstbestimmt wahrnehmen kann und auch kognitive (Lern-)Prozesse ablaufen können.</p>	
<p>Indikator</p>	
<p>Möglichkeit zur Themenwahl</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Kind Möglichkeiten hat, Themen, Inhalte und Gegenstände aus dem Buch mitzubestimmen, so das Geschehen mit zu beeinflussen und eigeninitiativ zu sein (z.B. wird auf Wunsch des Kindes zurückgeblättert und dort noch einmal nachgeschaut, das Kind hat die Möglichkeit, selbst Dinge in dem Buch zu zeigen, auf Interessantes zu deuten und zum Thema zu machen (z.B. <i>Kind</i>: „Ich will mir noch einmal die Seite da angucken.“). Das Kind kann die Fragen des Elternteils frei beantworten, was das Elternteil hauptsächlich durch offene Fragen erreicht. Demgegenüber steht, dass das Elternteil Themen, Inhalte und Gegenstände aus dem Buch selbst bestimmt und die Interaktion lenkt, das Kind aber nur wenige Ideen beitragen kann (z.B. zeigt das Elternteil repetitiv Dinge, die das Kind benennen muss bzw. die das Elternteil selbst erklärt, z.B. <i>Elternteil</i>: „Was ist das für ein Tier? Und das? Und das? ...“ oder <i>Elternteil</i>: „Guck mal, im Sommer sehen wir, wie die Kinder baden, es scheint die Sonne, und es ist ganz heiß. Hier muss jemand sogar ein Eis essen.“).</p>
<p>Eingehen auf Kindbeiträge</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit und ob das Elternteil den Äußerungen und Kommentaren des Kindes folgt. Das Elternteil hält nicht an seinen eigenen Themenvorschlägen fest, sondern nimmt die Äußerungen des Kindes zum Anlass, um daraus ein Gespräch zu entwickeln. Wenn das Kind z.B. eine (interessierte) Äußerung macht, auf etwas deutet, aufgeregt wirkt, zu diesem Gegenstand Fragen stellt oder etwas zu diesem Gegenstand erzählt, folgt das Elternteil den Vorschlägen oder Ideen des Kindes, geht ebenfalls interessiert auf diese Äußerung ein und macht diese zum (kurzzeitigen) Thema der Interaktion, z.B. indem es die Äußerungen erweitert (<i>Kind</i>: „Schau mal, hier sind schon wieder diese Vögel.“ – <i>Elternteil</i>: „Genau, das sind die Zugvögel von vorhin. Weißt du noch, warum sie im Frühling in den Norden geflogen sind?“; „Vielleicht könnte man auch mal schauen, wie...“; „Das ist eine gute Idee, wie sieht das denn aus, wenn...?“; Negativbeispiel, in welchem das Elternteil vom gerade besprochenen Gegenstand ablenkt: <i>Kind</i>: „... und auch die Blumen sind mit Schnee bedeckt.“ <i>Elternteil</i>: „Hmm. und welche Tiere kannst du denn im Wald entdecken?“). Ggf. greift das Elternteil auf anderen Seiten noch einmal den Interessensgegenstand des Kindes auf und geht erneut darauf ein. Wenn das Kind hingegen weniger Interesse an einem Gegenstand zeigt (z.B. wird es passiver, stiller), stellt das Elternteil weniger Fragen zu diesem Gegenstand oder wechselt das Thema.</p>

<p>Initiative einfordern</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil das Kind zum Mitmachen anregt und auffordert, eigene Ideen beizusteuern und mehr Selbstinitiative zu zeigen. Dies wird insbesondere ersichtlich, wenn das Kind relativ zurückhaltend ist und das Elternteil das Kind animiert, eigene Ideen, Beiträge oder Themen auszuwählen und anzusprechen (z.B. „Was kannst du mir noch alles über den Sommer erzählen?“, „Erzähl du mir doch mal, was du alles über den Sommer entdecken kannst!“, „Was kannst du mir denn noch alles erzählen?“). Es muss ersichtlich sein, dass das Elternteil sich darum bemüht, das Kind mehr in die Interaktion einzubeziehen und dass seine Maßnahmen effektiv dazu führen, dass das Kind danach auch stärker einbezogen ist, z.B. indem es vermehrt die Ideen des Kindes einfordert und das Kind zum Reden animiert.</p>		
<p>Beschränkungen</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil dem Kind Limitierungen und Einschränkungen setzt, die den äußeren Ablauf der Vorlesesituation betreffen (Kind darf nicht weiterblättern*, muss still dazusitzen, möchte mit dem Lesen aufhören, muss allerdings weitermachen) bzw. inwieweit das Elternteil die Wünsche des Kindes beachtet (z.B. <i>Kind</i>: „Können wir uns die nächste Seite anschauen?“ – <i>Elternteil</i>: „Ich möchte mir noch das hier kurz ansehen.“).**</p> <p>*Das Elternteil kann dagegen steuern, wenn das Kind zu stürmisch ist oder umblättert, obwohl eine Seite noch nicht ausreichend besprochen wurde (<i>Elternteil</i>: „Ich möchte dir hier noch etwa zeigen.“, „Lass uns noch einmal kurz schauen, ob...“, „Ich will auf dieser Seite noch einmal kurz...“). Dies sollte hier nicht negativ gewertet werden.</p> <p>**Es ist ebenfalls nicht zwingend negativ zu werten, wenn das Elternteil Beschränkungen macht, wenn das Kind sich nicht an Regeln hält, z.B. still dazusitzen, wenn es (ohne offensichtlichen Grund) aufsteht und weggeht oder ruhiger zu sein, wenn das Kind aufgeregt ist. Es ist allerdings negativ zu werten, wenn dies häufiger auftritt oder kein offensichtlicher Grund für die Ermahnung besteht.</p>		
<p>Antwort</p>			
<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>
<p>Das Elternteil ist hauptsächlich direktiv, gibt Themen selbst vor oder geht wenig auf die Ideen oder Interessen des Kindes ein. Die Interaktion scheint in einem eher fest durch das Elternteil vorgegebenen Weg durchgeführt zu werden, in welchem wenig Raum für Abweichungen beinhaltet ist. Das Kind hat wenige Gelegenheiten, die Interaktion selbst zu bestimmen und eigene Ideen beizusteuern. Falls das Kind wenig</p>	<p>Das Elternteil ist manchmal direktiv und gibt Themen vor. Nur manchmal werden aber auch die Ideen, Interessen und Vorschläge des Kindes einbezogen und auf diese eingegangen. Sollte das Kind zurückhaltender sein, versucht das Elternteil das Kind mehr einzubeziehen. Diese Maßnahmen treten allerdings nur wenig auf oder wirken ggf. nur kurzfristig.</p>	<p>Die Interaktion verläuft häufiger kindzentriert, sodass das Kind auch häufiger Möglichkeiten erhält, eigene Ideen beizusteuern, seinen Interessen nachzugehen oder Themen zu wählen, auf die das Elternteil eingeht. Gelegentlich verläuft die Interaktion allerdings direkter. Sollte das Kind weniger Eigeninitiative zeigen und zurückhaltender sein, leitet das Elternteil Maßnahmen ein, um das Kind mehr in die Interaktion</p>	<p>Die Interaktion verläuft (fast) durchgehend kindzentriert, das Elternteil lässt viele Ideen und Vorschläge des Kindes zu und geht auf die Ideen und Interessen des Kindes ein. Sollte das Kind zurückhaltender sein, leitet das Elternteil effektive Maßnahmen ein, um das Kind in die gemeinsame Interaktion einzubeziehen.</p>

<p>eigeninitiativ bzw. zurückhaltend ist, zeigt das Elternteil nur wenige Maßnahmen, das Kind einzubeziehen, bzw. diese Maßnahmen sind nicht effektiv.</p>		<p>einzubeziehen. Ggf. sind diese Maßnahmen etwas weniger effektiv, sodass das Kind nach einer Weile wieder weniger Initiative zeigt.</p>	
--	--	---	--

Kompetenzunterstützung

<p>Grundidee: Diese Facette basiert auf dem „Kompetenzerleben“ der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Deci & Ryan, 1993). Es beschreibt, inwieweit das Elternteil die Leistungen des Kindes wertschätzt und das Kind sich als effektiv wirkend und kompetent wahrnehmen kann. Dies wird z.B. durch positive Bestärkungen, Wertschätzung der Leistungen des Kindes, den positiven Umgang des Elternteils mit Fehlern und entsprechend responsivem Verhalten des Elternteils erreicht. Dies bildet zusammen mit anderen Facetten den (motivationalen) Rahmen, innerhalb dessen sich das Kind selbstbestimmt wahrnehmen kann und auch kognitive (Lern-)Prozesse ablaufen können.</p>	
<p>Indikator</p>	
<p>Lob</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt das Ausmaß, inwieweit das Elternteil das Kind bestärkt, z.B. indem das Elternteil das Kind während der Interaktion bekräftigt („Super!“, „Sehr gut!“), lobt und bestätigt („Ja genau, das ist ein...“, „Stimmt! Da hast du recht.“, „Das ist eine gute Frage!“). Dies ist u.a. auch nonverbal möglich, z.B. durch Nicken des Elternteils oder Streicheln des Kindes.* Das Elternteil vermittelt dem Kind positive Erwartungen, wie z.B. „Wow, das weißt du schon alles?“, „Ich bin mir sicher, du kannst mir das erklären.“, „Ich finde gut, wie du...“.</p>
<p>Wertschätzung der Kindbeiträge</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil die Äußerungen oder Kommentare des Kindes durch passende und angemessene (Rück-)Fragen oder Anmerkungen <i>wertschätzend</i> aufgreift (es geht hier explizit um die emotionale Färbung, wie das Elternteil auf die Kindbeiträge reagiert). Dies sind z.B. (interessierte) Rückfragen, die das Elternteil zu den Erzählungen bzw. Erklärungen des Kindes stellt, sodass dieses seine Erzählungen als „etwas Besonderes“ wahrnimmt und mehr darüber erzählen kann. Das Elternteil gibt nicht nur oberflächliches Feedback an das Kind („Super!“, „Cool!“), sondern geht wertschätzend und interessiert auf die Äußerung des Kindes ein und stellt ggf. Rückfragen, sodass es zu einem Gespräch über das Thema der Äußerung des Kindes kommen kann (z.B. <i>Kind</i>: „... und dann haben wir <i>echte</i> Fische in dem Teich gesehen!“ – <i>Elternteil</i>: „Echt?! Weißt du auch, was das für Fische waren? Wie sahen die denn aus?“) oder gibt spezifischeres Feedback zu den Fähigkeiten oder Leistungen des Kindes („Cool, wie viel du schon über den Siebenschläfer weißt! Genau, ein Siebenschläfer schläft 7 Monate lang, das haben wir im Urlaub erfahren.“; „Du weißt schon so viel über Tiere? Du kennst ja schon alle Tiere und wie ihre Babys heißen! Ein Ferkel, ein Küken, ein Welp...“).</p>
<p>Umgang mit Fehlern</p>	<p>Wenn das Kind einen Fehler macht, nicht weiterweiß oder Verständnisschwierigkeiten hat, reagiert das Elternteil angemessen: Es zeigt Verständnis für den Fehler („Hmm, das ist schon schwierig.“), betont ihn nicht allzu deutlich und bleibt geduldig. Das Kind hat das Gefühl, dass es nichts Schlimmes ist, einen Fehler zu machen oder mal etwas nicht zu wissen. Der Fehler wird konstruktiv thematisiert, z.B. indem das Elternteil den Sachverhalt erklärt (z.B. <i>Kind</i>: „Im Herbst kommen dann die Vögel...“ – <i>Elternteil</i>: „Die Vögel fliegen im Herbst doch wieder in den warmen Süden zurück, die sind doch im Frühling zu uns gekommen.“) oder durch Folgefragen aufgreift (z.B. <i>Elternteil</i>: „Meinst du, die kommen zu uns zurück? – <i>Kind</i>: „Ach nein, die fliegen wieder weg!“). Demgegenüber steht, wenn das Elternteil die Fehler des Kindes ignoriert, Verständnisschwierigkeiten nicht beachtet oder ungeduldig mit dem Kind wird, wenn es auf Probleme stößt. Das Kind hat dabei nicht den Eindruck, dass es Fehler machen darf.</p>

<p>Zeit zum Nachdenken</p>	<p>Wenn das Elternteil dem Kind eine Frage stellt, eine neue Seite aufgeblättert wird oder ein neues Thema angesprochen wird, gibt es dem Kind ausreichend Zeit, um über die Fragen, die neuen Inhalte bzw. das neue Thema nachzudenken. Das Elternteil stellt nicht zu viele Fragen hintereinander und deutet auf/erklärt nicht zu viele Sachen schnell hintereinander, sodass das Kind nicht hinterherkommt (z.B. „Hier sehen wir die Bienen, die sammeln den Nektar, hier sehen wir die Blumen, die blühen... und hier sehen wir wie der Mann den Rasensprenger anmacht. Und hier...“). Das Elternteil nimmt sich zurück, um das Kind erklären zu lassen, selbst wenn diese Erklärungen länger dauern sollten, sodass das Kind seine Erklärung als wertgeschätzt empfindet.</p>			
<p>Antwort</p>				
<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>	
<p>Das Elternteil ist wenig wertschätzend im Umgang mit den Äußerungen des Kindes: Das Kind wird z.B. kaum oder gar nicht gelobt oder bestärkt. Das Elternteil gibt auch nur selten oder kein spezifischeres Feedback zu den Äußerungen oder Fehlern des Kindes und wenn, dann ist dieses wenig elaboriert. Es wirkt so, als ob das Kind nicht das Gefühl hat, dass es Fehler machen darf. Das Elternteil gibt nicht angemessen viel Zeit zum Nachdenken und nimmt sich wenig Zeit, um den Erklärungen des Kindes zuzuhören.</p>	<p>Das Elternteil ist nur manchmal wertschätzend im Umgang mit den Äußerungen des Kindes: Das Kind wird zwar manchmal gelobt oder bestärkt, Lob ist aber hauptsächlich oberflächlich („Super!“, „Toll!“) und nur selten spezifischer, indem das Elternteil die Äußerungen des Kindes oder dessen Fehler (korrigierend) aufgreift. Ggf. ist dieses spezifischere Feedback dann wenig elaboriert. Das Kind bekommt eher nicht das Gefühl vermittelt, dass es Fehler machen darf. Das Elternteil gibt nur manchmal angemessen Zeit zum Nachdenken oder nimmt sich die Zeit, dem Kind zuzuhören und auf dessen Ideen wertschätzend einzugehen, manchmal ist das Elternteil etwas zu schnell.</p>	<p>Das Elternteil ist häufiger wertschätzend im Umgang mit den Äußerungen des Kindes, z.B. gibt das Elternteil dem Kind sowohl oberflächliches Feedback („Super!“, „Toll!“), gibt aber auch gelegentlich (ggf. weniger elaboriertes) spezifischeres Feedback zu den (fehlerhaften) Äußerungen des Kindes. Das Kind bekommt dabei eher das Gefühl vermittelt, dass es Fehler machen darf. Nur gelegentlich ist das Elternteil für das Kind etwas zu schnell, lässt weniger Zeit zum Nachdenken oder nimmt sich weniger Zeit zum Zuhören, um dann wertschätzend auf die Äußerungen des Kindes einzugehen.</p>	<p>Das Elternteil ist durchgehend wertschätzend im Umgang mit den Äußerungen des Kindes: Es bestärkt das Kind sowohl durch oberflächliches Feedback („Super!“, „Toll!“), gibt aber auch oftmals elaboriertes und spezifisches Feedback zu den (fehlerhaften) Äußerungen des Kindes. Das Kind bekommt das Gefühl vermittelt, dass es Fehler machen darf. Das Elternteil gibt ausreichend Zeit zum Nachdenken, nimmt sich die Zeit, dem Kind bei Erklärungen zuzuhören und geht auf diese Äußerungen wertschätzend ein.</p>	

Kognitive Interaktion

Die Facette **Kognitive Aktivierung** beschreibt im Allgemeinen die Strategien und Methoden des Elternteils, um das Kind zu aktiven und vertieften Denkprozessen i.S.v. *higher-order-thinking* anzuregen. Dies betrifft z.B. das Stellen von offenen Fragen, das Einfordern von neuen Ideen des Kindes, das Einfordern von Vermutungen, Erklärungen und Begründungen sowie das Anregen von Vergleichen. Auch Nachfragen, die einen kognitiven Konflikt zu den Präkonzepten des Kindes hervorrufen, gehören dazu. Diese Strategien fordern das Kind auf, aktiv über die besprochenen Sachverhalte nachzudenken.

Die Facette **kognitive Unterstützung** beschreibt verbale und nonverbale Hilfestellungen, die das Elternteil dem Kind gibt, um auch schwierigere Sachverhalte zu lösen, das Deutlichmachen von Zielen, den roten Faden, der während der Interaktion herrscht und inwieweit das Elternteil die Äußerungen des Kindes ergänzt und erweitert.

(Fach-)sprachliche Unterstützung beschreibt, inwieweit das Elternteil das Kind innerhalb der Interaktion sprachlich sowie fachsprachlich unterstützt. Dabei wird beobachtet, inwieweit fachsprachliche Begriffe, die einen eindeutigen Bezug zu den Naturwissenschaften besitzen, verwendet, modelliert sowie kontextualisiert benutzt werden. Außerdem sollte das Elternteil eine für das Altersniveau des Kindes angemessene Sprache verwenden, um es adäquat unterstützen zu können.

Kognitive Aktivierung

<p>Grundidee: Diese Facette beschreibt im Allgemeinen die Strategien und Methoden des Elternteils, um das Kind zu aktivieren und vertieften Denkprozessen i.S.v. <i>higher-order-thinking</i> anzuregen. Dies betrifft z.B. das Stellen von offenen Fragen, das Einfordern von neuen Ideen des Kindes, das Einfordern von Vermutungen, Erklärungen und Begründungen sowie das Anregen von Vergleichen. Auch Nachfragen, die einen kognitiven Konflikt zu den Präkonzepten des Kindes hervorrufen, gehören dazu. Diese Strategien fordern das Kind auf, aktiv über die besprochenen Sachverhalte nachzudenken (Anders et al., 2017; Kuger et al., 2005; Pianta et al., 2008; Price et al., 2009; Steffensky & Neuhaus, 2018).</p>	
<p>Indikator</p>	
<p>Offene und passende Fragen</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil dem Kind offene Fragen stellt, um es zur vertieften Auseinandersetzung zu aktivieren.* Geschlossene Fragen erfordern zumeist nur einsilbige Antworten, z.B.: „Wie heißt dieses Tier?“, „Hast du schon mal einen Heißluftballon gesehen?“, „Sag mir mal, welche Jahreszeit wir jetzt haben.“ Offene Fragen hingegen erfordern Antworten in Form von längeren Sätzen, z.B.: „Woher kennst du dieses Tier?“, „Wo hast du schon einmal einen Heißluftballon gesehen?“, „Woran erkennst du, dass das der Sommer ist?“ Das Elternteil stellt zudem angemessen viele Fragen an das Kind (überfordert z.B. nicht durch zu viele Fragen) und beantwortet sein Fragen nicht selbst. Das Elternteil stellt Fragen, die passend sind für das Niveau des Kindes.</p> <p>*Für hohe qualitative Ausprägungen kann das Elternteil auch geschlossene Fragen stellen, was für die familiäre Lernumgebung als normal angesehen werden kann, dies sollte aber in einem angemessenen Verhältnis zu offenen Fragen stehen.</p>
<p>Einfordern von Ideen</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil das Kind auffordert, neue Ideen zu einem Thema zu entwickeln und Beschreibungen der Buchszenerien zu geben. Dies kann z.B. erfolgen, wenn Elternteil und Kind eine neue Seite aufschlagen und das Kind aufgefordert wird, zu beschreiben, welche Merkmale von Jahreszeiten man entdecken kann („Was siehst du alles?“, „Was gehört alles zum Sommer?“, „Was kann man alles im Sommer machen?“) bzw. am Ende der Seite „Was kann man noch alles im Sommer machen/entdecken?“. Dies betrifft v.a. offene Fragen, die von dem Kind mehrere verschiedene Antworten bzw. Ideen hervorrufen können und nicht ausschließlich Beschreibungen des Abgebildeten beinhalten müssen (z.B. <i>Elternteil</i>: „Wo können wir all diese Tiere denn noch finden?“ – <i>Kind</i>: „Die Tiere kann man im Zoo sehen/im Wald/beim Bauern, ...“, „Welche Pflanzen sehen so ähnlich aus?“), bei denen das Kind u.a. aufgefordert wird, zu brainstormen („Was gehört sonst noch dazu?“, „Was kann man sonst noch machen?“, „Hast du eine Idee?“). Auch die Frage „Was gehört alles zum Sommer?“ gibt dem Kind bspw. die Möglichkeit, sehr unterschiedliche Ideen des Abgebildeten an die gemeinsame Buchbetrachtung heranzutragen und darüber hinaus noch Dinge einfließen zu lassen, die ansonsten ebenfalls typisch für den Sommer sind. Demgegenüber stehen (geschlossene) Fragen des Elternteils, die automatisiertes Wissen des Kindes einfordern, z.B. „Welches Tier ist das?“, „Welche Jahreszeit ist das?“, und das Kind wenig aktivieren, eigene Ideen und Beiträge zur gemeinsamen Buchbetrachtung beizusteuern. Diese Fragen beziehen sich zumeist auf das unmittelbar Sichtbare des Buches.</p>
	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil Vermutungen, Erklärungen oder Begründungen vom Kind einfordert. Dies sind hauptsächlich Fragen, die das „Wie?“ bzw. „Warum?“ eines Gegenstandes betreffen und das Kind</p>

<p>Einfordern von Vermutungen, Erklärungen oder Begründungen</p>	<p>auffordern, in eigenen Worten einen Gegenstand zu erklären, ein (Prä-)Konzept zu begründen oder eine erste Vermutung zu einem Gegenstand aufzustellen, z.B. „Was denkst du, warum fliegen die Vögel in den Süden?“, „Wie kann der Drache fliegen?“, „Warum sollen wir uns im Gewitter lieber unterstellen?“ oder <i>Elternteil</i>: „Was ist das für eine Jahreszeit?“ – <i>Kind</i>: „Das ist Sommer!“ – <i>Elternteil</i>: „Warum denkst du, ist das der Sommer?“, „Warum glaubst, dass...“, „Erzähl mir doch mal, warum...“, „Wie denkst du, entstehen überhaupt Jahreszeiten?“, „Warum gefriert der See im Winter?“.*</p> <p>*Die Erklärungen oder Begründungen des Kindes müssen nicht fachlich korrekt sein. Dies wird hier nicht bewertet.</p>		
<p>Vergleiche anstellen</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil das Kind zu Vergleichen anregt. Das Vergleichen spielt somit z.B. für Veränderungen in den Jahreszeiten eine Rolle (Erkennen und Vergleichen vom Aussehen der Pflanzen, z.B. vom Blühen bis zum Welken der Blätter, unterschiedliche Anpassung der Tiere und des Menschen an die Witterung über die verschiedenen Jahreszeiten hinweg), doch lassen sich auch innerhalb einer Jahreszeit Vergleiche anstellen (einige Tiere halten Winterschlaf, andere nicht, Nadel- vs. Laubbäume, unterschiedliches Aussehen von Jungtieren oder Pflanzen), z.B. <i>Elternteil</i>: „Guck mal, wie sehen denn die Blätter jetzt aus? Waren die nicht eben noch anders?“ – <i>Kind (blättert zurück)</i>: „Die waren eben noch grün im Sommer, jetzt werden die so ganz braun.“ oder <i>Elternteil</i>: „Wie verändert sich denn die Natur im Winter?“, „Was ist denn anders als im Sommer?“.</p>		
<p>Auf Präkonzepte eingehen</p>	<p>Formulierungen von Präkonzepten sind ein besonderer Fall von Äußerungen des Kindes, die im Widerspruch zu gängigen Vorstellungen über naturwissenschaftliche Konzepte von Kindern der gleichen Altersgruppe stehen (so wäre bspw. die Vorstellung, dass der Wind vom Pusten der Wolken stammt, nicht unbedingt eine Fehlvorstellung, da dies eine für das Kind zunächst plausible Erklärung liefert für das komplizierte Phänomen „Wind“). Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil auf die (fehlerhaften) Präkonzepte des Kindes eingeht und diese angemessen auflöst, z.B. indem es eine konfligierende Nachfrage stellt (z.B. <i>Kind</i>: „Es regnet, weil die Wolken ganz traurig sind und weinen.“ – „Meinst du? Aber dann müsste der Regen doch auch ganz salzig schmecken, so wie unsere Tränen?“; „Wo fliegen die Vögel hin?“ – In den Süden!“ – „Aber die sind doch erst im Frühling zu uns gekommen, warum fliegen die jetzt wieder weg?“ – „Weil es hier zu windig ist!“ – Zu windig? Das kann sein, vielleicht wird ihnen auch zu kalt?“ – „Ja, zu kalt!“) oder eine angemessene Erklärung liefern (z.B. „Warum baden die Kinder denn im See? Da sind doch Fische drin!“ – „Warum denn nicht? Die Fische sind ganz scheu und schwimmen weg, wenn die Kinder zu nahekommen. Oder glaubst du, die knabbern den Kindern an den Füßen?“; „Der See wird fest, weil da ganz viel Schnee reinfällt.“ – „Nein, das Wasser im See gefriert, weil es im Winter so kalt ist. Das haben wir doch auch schon gesehen, als wir die Eiswürfel gemacht haben. Weißt du noch, die mussten wir an einen ganz kalten Ort packen.“</p>		
<p>Antwort</p>			
<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>
<p>Die Fragen des Elternteils aktivieren das Kind kaum oder gar nicht zur vertieften</p>	<p>Das Elternteil aktiviert das Kind nur manchmal zur vertieften Auseinandersetzung, z.B. stellt das</p>	<p>Häufiger aktiviert das Elternteil das Kind zur vertieften Auseinandersetzung, indem es z.B. die</p>	<p>Das Elternteil aktiviert das Kind (fast) durchgehend zur vertieften Auseinandersetzung. Es stellt z.B.</p>

<p>Auseinandersetzung, z.B. stellt es fast durchgehend geschlossene Fragen und fordert weder Ideen vom Kind noch Begründungen, Erklärungen, Vermutungen ein oder regt zu Vergleichen an. Ggf. stellt das Elternteil sogar unangemessen viele/wenige oder für das Niveau des Kindes unpassende Fragen oder beantwortet seine Fragen selbst. Die Fragen des Elternteils scheinen das Kind sehr wenig kognitiv anzuregen, sodass das Kind kaum tiefergehende Beiträge zu den Fragen des Elternteils beisteuern kann.</p>	<p>Elternteil häufiger geschlossene Fragen, nur gelegentlich stellt es aber auch offene Fragen (wie das Einfordern von Ideen, Begründungen, Erklärungen, Vermutungen oder das Anstellen von Vergleichen), die elaboriertere Antworten vom Kind erfordern. Ggf. stellt das Elternteil manchmal zu viele/wenige oder für das Niveau des Kindes unpassende Fragen oder beantwortet seine Fragen manchmal selbst. Die Fragen des Elternteils scheinen das Kind nur manchmal kognitiv anzuregen, sodass das Kind nur manchmal tiefer auf die Fragen des Elternteils eingehen kann.</p>	<p>Ideen, Erklärungen oder Begründungen des Kindes einfordert, Vergleiche anstellen lässt oder konfligierende Nachfragen stellt.* Gelegentlich hingegen werden eher geschlossene Fragen gestellt und das Kind weniger zum Nachdenken aktiviert. Das Elternteil stellt insgesamt angemessen viele und für das Kind passende Fragen und beantwortet seine Fragen nicht selbst. Die Fragen des Elternteils scheinen das Kind häufiger kognitiv anzuregen, sodass dieses häufiger tiefergehend auf die Fragen des Elternteils reagiert.</p>	<p>offene Fragen, die Ideen, Vermutungen und Begründungen des Kindes einfordern oder konfligierend zu den kindlichen Vorstellungen sind.* Das Elternteil stellt angemessen viele Fragen und für das Niveau des Kindes passende Fragen und beantwortet seine Fragen nicht selbst. Die Fragen des Elternteils scheinen das Kind fast durchgehend kognitiv anzuregen, sodass es tiefergehend auf die Fragen des Elternteils eingehen kann.</p>
<p>*Es muss ebenfalls beachtet werden, dass z.B. das Eingehen auf Präkonzepte oder das aktive Einfordern eines Vergleichs, obwohl nur einmalig eingefordert, das Kind besonders zum Nachdenken herausfordern können (die Intensität dieser Maßnahmen muss berücksichtigt werden). In solchen Fällen kann es vorkommen, dass trotz einmaliger Beobachtung ein hohes Rating vergeben werden kann – auch wenn andere Maßnahmen der Herausforderung zur vertieften Auseinandersetzung natürlich auch berücksichtigt werden müssen.</p>			

Kognitive Unterstützung

<p>Grundidee: Diese Facette beschreibt verbale und nonverbale Hilfestellungen, die das Elternteil dem Kind gibt, um auch schwierigere Sachverhalte zu lösen, das Deutlichmachen von Zielen, den roten Faden, der während der Interaktion herrscht und inwieweit das Elternteil die Äußerungen des Kindes ergänzt und erweitert. Hilfestellungen, Feedback und das Deutlichmachen von Zielen durch das Elternteil sind Unterstützungsmaßnahmen, die dem Kind helfen, damit dieses Phänomene erkunden kann, die es ohne Unterstützung des Elternteils nicht erklären könnte (Vygotsky, 1987). Oftmals unter dem Begriff „Scaffolding“ zusammengefasst, wird das Scaffolding in eine enge Beziehung zu den Prinzipien des Sustained Shared Thinking gestellt (Purdon, 2016; Siraj-Blatchford, 2009).</p>	
<p>Indikator</p>	
<p>Hilfestellungen</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil dem Kind Hilfestellungen und angemessene Unterstützung gibt, wenn dieses an einem Punkt nicht weiterweiß oder eine falsche Antwort gibt, z.B. <i>Elternteil:</i> „Welche Jahreszeit kommt zuerst?“ – <i>Kind:</i> „Erst kommt Winter, dann Sommer, dann Herbst und Frühling.“ – <i>Elternteil:</i> „Wollen wir das nochmal auf dem Bild hier überprüfen? Was ist denn das für eine Jahreszeit, wenn alles blüht ...“. Niedrige Ausprägung liegt dann vor, wenn das Elternteil kognitive Probleme beim Kind nicht erkennt, keine entsprechenden Hilfestellungen leistet, die falschen Antworten des Kindes einfach übergeht oder die richtige Antwort vorgibt, z.B. „Was ist das für ein Tier?“ – „Ein Eichhörnchen.“ – Nein, das ist ein Siebenschläfer.“ anstelle von „Warum denkst du, ist das ein Eichhörnchen?“.</p>
<p>Feedback</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil auf die Beiträge des Kindes eingeht, d.h. Äußerungen und Kommentare aufgreift und durch Erklärungen fortführt (z.B. <i>Kind:</i> „Was ist das für ein Tier?“ – <i>Elternteil:</i> „Das ist ein Siebenschläfer. Der heißt so, weil...“; <i>Kind:</i> „Gibt es die Tiere auch bei uns im Garten?“ – <i>Elternteil:</i> „Bei uns in der Stadt gibt es diese Tiere eher seltener, hier ist das immer so laut, aber vielleicht können wir uns die mal anschauen, wenn wir bei Oma und Opa sind!“) oder durch Ergänzung von weiteren Informationen fortführt (z.B. <i>Kind:</i> „Der Drachen fliegt durch die Luft!“ – <i>Elternteil:</i> „Genau, der Wind treibt den Drachen immer weiter nach oben. Da muss man aufpassen, dass der nicht wegfliegt!“; <i>Kind und Elternteil besprechen gerade den Wind:</i> „Schau mal, im Herbst ist der Wind sogar so stark, dass nicht nur Blätter von den Bäumen wehen, sondern auch der Drachen in der Luft fliegen kann.“). Indem das Elternteil z.B. Folgefragen stellt, ergibt sich ein Gespräch, in welchem das Elternteil wiederum auf den Äußerungen des Kindes aufbauen und so ein vertieftes Verständnis über das Thema erreichen kann, z.B. <i>Kind:</i> „Und hier sind auch Bienen!“ – <i>Elternteil:</i> „Genau, im Sommer kommen dann die ganzen Insekten. Weißt du, warum die noch nicht im Frühling da waren?“ – <i>Kind:</i> „Weil die Blumen essen und die sind erst im Sommer da.“ – <i>Elternteil:</i> „Das ist eine gute Idee! Aber im Frühling fangen die Blumen ja auch schon an zu wachsen...“. Demgegenüber steht ein Feedback, das eher oberflächlich und knapp ist, in welchem das Elternteil die Aussagen des Kindes mit „Ja“ oder „Nein“ abtut oder die richtige einfach Antwort vorgibt (<i>Kind:</i> „Die Vögel machen Winterschlaf.“ – <i>Elternteil:</i> „Nein, die sind im Süden.“; <i>Kind:</i> „Das ist ein Hamster.“ – <i>Elternteil:</i> „Nein, das ist ein Eichhörnchen.“).</p>
<p>Roter Faden</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil einem roten Faden während der Interaktion folgt. Dazu zählt z.B., dass das Thema der Interaktion klar ist (Elternteil und Kind besprechen z.B. zuerst das Cover und bestimmen Titel und</p>

	<p>Thema des Buches). Das Elternteil stellt sicher, dass dem Kind darüber hinaus stets klar ist, welches Thema gerade angesprochen wird (z.B. ist dem Kind stets bewusst, welche Jahreszeit gerade gemeinsam besprochen wird). Elternteil und Kind lassen sich angemessen Zeit bei den Seiten, schauen das Buch von vorn nach hinten an, um z.B. den korrekten Lauf der Jahreszeiten nachvollziehen zu können, und blättern nicht kreuz und quer*. Elternteil und Kind springen nicht von Thema zu Thema, sondern besprechen auch (einzelne) Themen länger, um ein ganzheitliches Verständnis über die Jahreszeiten aufzubauen.</p>
	<p>*Das Vor- und Zurückblättern bezieht sich hier auf Fälle, in welchen es eher unkontrolliert erfolgt (<i>Kind</i>: „Jetzt will ich mir nochmal den Frühling anschauen.“ (<i>blättert im Herbst zurück</i>), „Ich will jetzt gleich zum Winter.“ (<i>blättert nach vorn</i>).) und nicht auf solche Situationen, in welchen kontrolliert zurückgeblättert wird (z.B. bei Vergleichsprozessen: <i>Elternteil</i>: „Schau mal, die Vögel haben wir schon im Frühling gesehen, da kamen die in den Norden, schau mal...“ (<i>blättert zurück</i>); oder <i>Kind</i>: „Häh, das war doch eben noch anders!“ (<i>blättert zurück</i>)).</p>
<p>Pacing</p>	<p>Pacing beschreibt, wie schnell das Elternteil die Interaktion durchläuft bzw. das Tempo der Durchführung gestaltet sowie, ob dies für das Kind angemessen ist. Ein angemessenes Tempo liegt dann vor, wenn das Pacing an das Interesse und das Niveau des Kindes angepasst ist: Seiten bzw. Themen, die interessanter und herausfordernder für das Kind sind (z.B. kommt das Elternteil häufiger in ein Gespräch mit dem Kind, stellt anspruchsvollere Fragen, das Kind zeigt auf viele Dinge, spricht selbst viele Dinge an, wirkt sehr fokussiert, bezieht ggf. zurückliegende Erfahrungen mit ein) werden länger behandelt. Dabei werden viele Konzepte auf diesen Seiten besprochen oder weniger Konzepte, die dafür elaboriert besprochen werden.* Seiten bzw. Themen, die weniger interessant sind werden hingegen weniger lang behandelt. Demgegenüber steht ein Pacing, in welchem die Seiten unangemessen kurz oder lang besprochen werden.</p>
	<p>*Es ist nicht erforderlich, dass Elternteil und Kind alle Dinge auf einer Seite komplett anschauen und jede Seite „durcharbeiten“. So können sie auch einzelne Phänomene einer Seite sehr lange besprechen, andere hingegen weniger oder sogar gar nicht – auch in diesem Fall kann eine hohe Ausprägung vergeben werden.</p>
<p>Nonverbale Unterstützung</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil das Kind nonverbal unterstützt. Dies umfasst Maßnahmen, inwieweit Elternteil und Kind eine gemeinsame Arbeitshaltung einnehmen, zusammenrücken, gemeinsam in das Buch schauen und sich darüber beugen. Elternteil und Kind fokussieren sich beim Lesen auf die gleichen Inhalte, d.h. sie schauen sich beim Sprechen über z.B. das Wetter sich gemeinsam Gewitterwolken und keine unterschiedlichen Dinge an.* Außerdem beschreibt dieser Indikator, inwieweit das Elternteil das Gespräch mit Gesten unterstützt, d.h. indem es auf Bilder deutet, diese einkreist oder bestimmte Beschreibungen nonverbal unterstützt (z.B. fließendes Wasser durch wellenförmige Handbewegung, starker Wind durch Pusten). Dazu gehört auch das Zurückblättern auf vorherige Seiten, um das dort Besprochene noch einmal zu zeigen. Demgegenüber steht eine Arbeitshaltung, in welcher das Kind keine Möglichkeit erhält, in das Buch zu schauen, sich weg lehnt oder nicht in das Buch schaut bzw. schauen kann, Elternteil und Kind unterschiedliche Themen im Buch fokussieren oder das Elternteil nicht mit Gesten unterstützt.</p>
	<p>*Für hohe Bewertungen muss nicht gegeben sein, dass ständig ein gleicher Arbeitsfokus gegeben ist: Wenn Elternteil und Kind z.B. eine neue Seite aufschlagen, können beide zunächst unterschiedliche Dinge auf der Seite anschauen.</p>

		Wenn Elternteil oder Kind dann allerdings auf bestimmte Gegenstände ansprechen, fokussieren sich beide gemeinsam auf diesen Gegenstand.	
Antwort			
1	2	3	4
<p>Es sind kaum Hinweise dafür zu finden, dass das Elternteil das Kind konstruktiv unterstützt: Das Elternteil gibt z.B. kaum (verbale und nonverbale) Hilfestellungen an das Kind, wenn dieses Probleme aufweist. Feedback findet eher oberflächlich statt und erweitert kaum die Äußerungen des Kindes. Es finden kaum Gespräche über einzelne Themen statt. Oder es ist nur schwer ein roter Faden in der Interaktion zu erkennen (es wird kreuz und quer geblättert oder von Thema zu Thema gesprungen) oder das Tempo, mit der sich die Seiten angeschaut werden, ist unangemessen für das Kind.</p>	<p>Es sind manchmal Hinweise für eine konstruktive Unterstützung des Kindes zu finden: Das Elternteil gibt z.B. manchmal (verbale und nonverbale) Hilfestellungen, wenn das Kind Probleme aufzeigt. Diese fallen aber knapp aus und werden schnell beendet. Es erweitert die Aussagen des Kindes nur manchmal, was dabei aber eher knapp und schnell beendet wird. Manchmal hingegen ist das Feedback eher oberflächlich („Ok“, „Ja“). Es entwickelt sich nur manchmal ein tiefergehendes Gespräch über einzelne Themen. Ggf. ist ein roter Faden in der Interaktion manchmal nicht klar erkennbar (es wird kreuz und quer geblättert oder von Thema zu Thema gesprungen) oder die Interaktion ist manchmal zu schnell oder zu langsam.</p>	<p>Es sind häufiger Hinweise dafür zu finden, dass das Elternteil das Kind konstruktiv unterstützt: Das Elternteil gibt z.B. häufiger (verbale und nonverbale) Hilfestellungen an das Kind, wenn es Probleme aufzeigt. Häufiger geht das Elternteil durch Erklärungen und Folgefragen auf die Äußerungen des Kindes ein, sodass sich ein Gespräch daraus entwickeln kann und das Kind sein Verständnis erweitern kann. Nur gelegentlich fällt dieses Feedback eher knapp aus oder ist oberflächlicher oder die Gespräche sind kürzer. Das Elternteil stellt sicher, dass die Interaktion einem roten Faden folgt, nur manchmal kann ggf. von Thema zu Thema gesprungen werden. Das Pacing der Interaktion ist häufiger angemessen für das Kind, nur gelegentlich etwas zu schnell oder langsam.</p>	<p>Es sind durchgehend Hinweise dafür zu finden, dass das Elternteil das Kind konstruktiv unterstützt: Es gibt z.B. stets (verbale und nonverbale) Hilfestellungen an das Kind, sobald es Probleme aufzeigt. Es erweitert die Äußerungen des Kindes um weitere Informationen und stellt Folgefragen, sodass das Kind sein Verständnis zu einem Thema erweitern kann. Es liegen z.B. häufiger längere und tiefergehende Gespräche über einzelne Themen vor. Das Elternteil stellt sicher, dass die Interaktion durchgehend einem roten Faden und einem angemessenen Tempo folgt.</p>

(Fach-)sprachliche Unterstützung

<p>Grundidee: Diese Facette beschreibt, inwieweit das Elternteil das Kind innerhalb der Interaktion sprachlich sowie fachsprachlich unterstützt. Dabei wird beobachtet, inwieweit überhaupt Gespräche aufkommen und fachsprachliche Begriffe, die einen eindeutigen Bezug zu den Naturwissenschaften besitzen, verwendet sowie kontextualisiert benutzt werden. Außerdem sollte das Elternteil eine für das Altersniveau des Kindes angemessene Sprache verwenden, um es adäquat unterstützen zu können. Die (fach-)sprachliche Unterstützung wird auch im Kita- sowie familiären Kontext beobachtet (Anders et al., 2017; Kuger et al., 2005; Pianta et al., 2008).</p>	
Indikator	
Gespräche	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit Gespräche zwischen Elternteil und Kind stattfinden: Nur indem auch das Kind zum Sprechen herausgefordert wird, kann es sprachlich unterstützt werden. In qualitativ höher ausgeprägten Interaktionen kommt es zu vermehrtem und tiefergehendem sprachlichem Austausch, in qualitativ niedriger ausgeprägten Interaktionen sind Gespräche eher kurz oder einseitig (Gesprächsanteile eines Interaktionspartners überwiegen).*</p> <p>*Es wird hier nicht bewertet, ob die Gespräche naturwissenschaftsbezogen sind oder nicht.</p>
Fachsprache	<p>Der Indikator Fachsprache beschreibt, inwieweit das Elternteil fachsprachliche Wörter verwendet (z.B. „erstarren“, „zu Eis werden“, „Zugvögel“, Benennung der Jahreszeiten und typischen Tiere, Begriffe wie „Wind“, „Wetter“, „Unwetter“, „Hitze“, „Kälte“, typische Begriffe für die Jahreszeiten wie „Blüte“, „Insekt“, „Schnee“, „Sonne“, „schwitzen“, „welken“, „schmelzen“), erklärt („Weißt du, was ... bedeutet?“, „Die schwimmt, das heißt die bleibt oben auf dem Wasser“, „Das nennt man Winterschlaf, wenn alle Tiere in ihre Häuser gehen.“, Unterscheidung der Bäume zwischen „Nadel- und Laubbäumen“, „Guck mal, in diesem Lagerfeuer kannst du die Kartoffeln backen. Das Feuer macht die dann ganz heiß und dann kann man die essen.“, „Das ist ein Heißluftballon. Der fliegt, weil die heiße Luft...“) und kontextualisiert: Wenn z.B. das Thema „Winterschlaf“ behandelt wird, fallen zu diesem Kontext gehörende Begriffe wie „Winterruhe“, „nachtaktiv“, „Winterspeck“ oder der Begriff „Winterschlaf“ wird beim Betrachten der jeweiligen Seite mehrmals wiederholt, zum Kontext „Gewitter“ gehören bspw. „Regen“, „Donner“, „Blitz“, „Unwetter“, „Wolken“ oder der Begriff „Gewitter“ wird beim Betrachten der jeweiligen Seite mehrmals wiederholt. Dies erfolgt u.a. in längeren Gesprächen über ein bestimmtes Thema.</p>
Modellierung	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil sprachliche Modellierungstechniken benutzt, um das Kind (fach-)sprachlich zu unterstützen. Diese Modellierungstechniken sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Korrektives Feedback (Wiederholung der Äußerung des Kindes unter Benutzung der richtigen (Fach-)Sprache, z.B. <i>Kind</i>: „Und im Winter wird <u>das</u> dann <u>so fest</u>.“ – <i>Elternteil</i>: „Genau, im Winter <u>gefriert</u> das <u>Wasser</u>.“) • Expansion (das Kind macht eine (unvollständige) Äußerung, die das Elternteil aufgreift und vervollständigt, z.B. <i>Kind</i>: „Ganz weiß!“ – <i>Elternteil</i>: „Genau, im Winter fällt viel Schnee und dann wird es ganz weiß.“) • Extension (das Kind macht eine Äußerung, die das Elternteil gedanklich weiterführt, z.B. <i>Kind</i>: „Die Blätter werden bunt.“ – <i>Elternteil</i>: „Ja, die Blätter werden bunt, und schließlich fallen sie dann von den Bäumen.“)

	<ul style="list-style-type: none"> Umformung (die Äußerung wird aufgenommen und syntaktisch verändert wiedergegeben, z.B. <i>Kind</i>: „Im Winter gehe ich dann mit Mara Schlittenfahren!“ – <i>Elternteil</i>: „Ach, du willst mit Mara Schlittenfahren gehen?“). 		
Sprachniveau	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil eine Sprache verwendet, die verständlich und für das Altersniveau des Kindes angemessen ist. Dabei ist es wichtig, Sätze zu bilden, die für das Kind begreiflich sind. Dazu gehören klare Formulierungen, eine korrekte Grammatik und eine angemessene Sprechgeschwindigkeit, um das Kind während der Interaktion sprachlich zu unterstützen. Das Elternteil sollte Füllwörter („ähm“, „quasi“, „sozusagen“, „halt“) vermeiden. Die Komplexität der Sprache gibt an, welche Ausprägung vorliegt: Spricht das Elternteil hauptsächlich in kurzen Sätzen, liegt eine niedrige Ausprägung vor, spricht es hingegen auch in längeren Sätzen mit dem Kind (z.B. unter Einbezug von Nebensatzkonstruktionen), sind Hinweise für eine hohe Ausprägung sichtbar.*</p>		
	<p>*Demgegenüber stehen zu langatmige, zu verschachtelte Sätze, die das Elternteil möglichst ebenfalls vermeiden sollte.</p>		
Antwort			
1	2	3	4
<p>Das Elternteil unterstützt das Kind kaum (fach-)sprachlich. Es liegen z.B. kaum Gespräche vor oder Gespräche sind einseitig, (fach-)sprachliche Ausdrücke werden z.B. kaum erklärt oder kontextualisiert. Das Elternteil benutzt z.B. kaum Modellierungstechniken und hat ggf. ein geringeres Sprachniveau.</p>	<p>Das Kind wird nur manchmal hinsichtlich der (Fach-)Sprache unterstützt. Gespräche sind häufiger eher kurz oder einseitig. Das Elternteil benutzt z.B. nur manchmal (fach-)sprachliche Ausdrücke und erklärt/kontextualisiert diese. Es sind z.B. nur wenige Gelegenheiten beobachtbar, in denen das Elternteil die Sprache des Kindes modelliert. Das Elternteil hat ggf. ein geringeres Sprachniveau.</p>	<p>Das Kind wird häufiger (fach-)sprachlich unterstützt. Es treten häufiger Gespräche auf, die eher lang sind. Nur manchmal sind Gespräche hingegen kürzer oder einseitig. Das Elternteil benutzt z.B. häufiger (fach-)sprachliche Ausdrücke, erklärt und kontextualisiert diese. Es benutzt häufiger sprachliche Modellierungstechniken, gelegentlich werden Ausdrücke des Kindes aber nicht sprachlich aufgegriffen. Das Elternteil hat ein angemessen hohes Sprachniveau.</p>	<p>Das Elternteil unterstützt das Kind durchgehend in der (Fach-)Sprache. Es liegen viele und oftmals längere Gespräche vor, nur selten sind diese eher einseitig. Das Elternteil benutzt z.B. viele fachsprachliche Begriffe, erklärt diese und verwendet diese kontextualisiert. Es benutzt außerdem häufig sprachliche Modellierungen wie das korrektive Feedback und hat ein hohes Sprachniveau.</p>

Naturwissenschaftsspezifische Interaktion

Gespräche über naturwissenschaftliche Inhalte beschreibt im Allgemeinen, inwieweit ein naturwissenschaftlicher Fokus während der Interaktion gesetzt wird. Dazu gehören z.B., inwieweit das Elternteil und das Kind während der Interaktion über naturwissenschaftliche Phänomene sprechen, inwieweit das Elternteil Fragen an das Kind stellt, die es ein naturwissenschaftliches Phänomen erklären lassen. Es wird beobachtet, inwieweit das Elternteil selbst naturwissenschaftliche Erklärungen zu der Interaktion beisteuert und inwieweit diese fachlich angemessen sind.

Insbesondere für die Naturwissenschaften ist ein Bezug von Sichtbarem auf den Alltag und das Vorwissen des Kindes vonnöten, damit dieses die Inhalte in ein übergeordnetes Konzept einordnen kann. **Relevanz der naturwissenschaftlichen Inhalte** beschreibt daher, inwieweit Bezüge zum Alltag bzw. zur Lebenswelt des Kindes hergestellt werden.

Gespräche über naturwissenschaftliche Inhalte

<p>Grundidee: Diese Facette beschreibt im Allgemeinen, inwieweit ein naturwissenschaftlicher Fokus während der Interaktion gesetzt wird. Dazu gehören z.B., inwieweit das Elternteil und das Kind während der Interaktion über naturwissenschaftliche Phänomene sprechen, inwieweit das Elternteil Fragen an das Kind stellt, die es ein naturwissenschaftliches Phänomen erklären lassen. Es wird beobachtet, inwieweit das Elternteil selbst naturwissenschaftliche Erklärungen zu der Interaktion beisteuert und inwieweit diese fachlich angemessen sind.</p>	
<p>Indikator</p>	
<p>Fokus auf Naturwissenschaft</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, in welchem Ausmaß das Elternteil mit dem Kind über naturwissenschaftliche Inhalte spricht oder aber naturwissenschaftsfremde Themen in das Gespräch aufnimmt. Die naturwissenschaftliche Lernumgebung wird dann als höher ausgeprägt angenommen, wenn das Elternteil hauptsächlich naturwissenschaftsspezifische Themen mit dem Kind bespricht (z.B. typische Tiere und Pflanzen der verschiedenen Jahreszeiten, Veränderung der Flora und Fauna über die Jahreszeiten hinweg, Wetter und Wetterphänomene, Aggregatzustände von Wasser). Naturwissenschaftsfremde Themen hingegen sind z.B. das Zählen von Tieren oder Ostereiern, Identifizieren von Buchstaben und Lesen von Wörtern, „Ich sehe was, was du nicht siehst“-Spiele, Reden über das, was das Kind gerne in den Jahreszeiten macht, wer in der jeweiligen Jahreszeit Geburtstag hat usw.</p>
<p>Naturwissenschaftliche Gespräche</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, wie tiefgehend die Gespräche zwischen Elternteil und Kind über die naturwissenschaftlichen Inhalte sind. In qualitativ niedriger ausgeprägten Interaktionen werden die jeweiligen Phänomene nur kurz angesprochen (es entwickeln sich z.B. keine oder nur kurze Gespräche über naturwissenschaftliche Phänomene, in welchen diese kaum angemessen besprochen werden, oder es wird von Thema zu Thema gesprungen). Das Elternteil macht naturwissenschaftliche Inhalte nur kurz zum Thema, ohne dass sich daraus Gespräche entwickeln („Und hier sehen wir Blumen, Bäume, es blüht alles...“, „Wie heißt denn diese Jahreszeit?“, repetitive „Wissensabfragen“, Themensprünge) oder erklärt zu viel, ohne dass das Kind in die Erklärungen eingebunden wird. In qualitativ höher ausgeprägten Interaktionen werden vereinzelte Themen elaborierter behandelt, z.B. steht ein Thema für längere Zeit im Fokus der Interaktion und es entwickeln sich Gespräche darüber (Elternteil und Kind sprechen länger darüber, wie sich Jahreszeiten unterscheiden, warum Tiere Winterschlaf halten, wie Blumen entstehen, ...).</p>
<p>Fragen zu naturwissenschaftlichen Inhalten</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, ob und wie viele Fragen zu naturwissenschaftlichen Inhalten das Elternteil an das Kind richtet und inwieweit diese Fragen ein Gespräch über den naturwissenschaftlichen Inhalt evozieren. So stehen z.B. geschlossene Fragen wie „Wie heißt dieses Tier?“, „Was ist das für eine Jahreszeit?“, die von dem Kind nur einzelne Begriffe hervorrufen, anderen Fragen gegenüber, die ein tieferes Gespräch über das Tier bzw. die Jahreszeit auslösen (z.B. „Woher kennst du dieses Tier?“; Woher erkennst du, dass das Sommer ist?“). Ggf. fordern diese Fragen das Kind sogar zu Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene auf, die nicht unmittelbar im Buch abgebildet sind und Vorwissen vom Kind verlangen, z.B. „Wie leben denn die Vögel im Sommer?“, „Wie lebt der Igel im Winter?“. Das Elternteil stellt zudem angemessen viele Fragen an das Kind (überfordert z.B. nicht durch zu viele Fragen, unterfordert nicht durch zu wenige Fragen) und beantwortet sein Fragen nicht selbst.</p>

<p>Naturwissenschaftliche Erklärungen</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil zu den im Buch dargestellten naturwissenschaftlichen Phänomenen zusätzliche Erklärungen beisteuert, z.B.: „Die Vögel kommen im Frühling zu uns, weil das Klima so gut zum Brüten ist. Es ist dann nicht zu warm, es gibt Insekten, die sie essen können, ...“, „Das Wasser im See wird im Winter zu Eis, wenn es ganz kalt wird.“, „Jahreszeiten entstehen, weil...“, „Einige Tiere halten Winterschlaf, weil es im Winter nur ganz wenig zu essen gibt. Deshalb essen die schon im Herbst ganz viel und legen sich dann für ganz lange Zeit schlafen.“ Diese Erklärungen ergeben sich nicht unmittelbar durch das Buch und stehen solchen Situationen gegenüber, in denen das Elternteil lediglich die auf den Buchseiten sichtbaren Phänomene beschreibt, z.B. „Die Vögel kommen im Frühling in den Norden.“, „Im Winter gefriert das Wasser.“, „Einige Tiere halten Winterschlaf.“, also die „offensichtlichen“ bzw. explizit im Buch hervorgehobenen Phänomene benennt. Es sollte darauf geachtet werden, dass das Elternteil angemessen viele Erklärungen liefert: Es sollten nicht so oft und so ausschweifende Erklärungen geboten werden, dass dies das Kind überfordern könnte und es durch zu viele Darstellungen von Informationen passiv wird.</p>
<p>(Fachliche) Angemessenheit</p>	<p>Die Fragen, Erklärungen und Informationen des Elternteils müssen für die Altersstufe des Kindes fachlich richtig bzw. angemessen sein. So sind die Aussagen „Die Vögel kommen zu uns in den Norden, weil die Vögel den Frühling auch so gern mögen.“ Oder „Die Wolken wollen über den Berg und müssen sich dafür abregnen.“ zwar fachlich inkorrekte, animistische Erklärungen des Elternteils, für das junge Alter des Kindes ggf. aber angemessen. Aussagen wie „Es blitzt und donnert, weil da jemand eine Batterie in die Wolken gesteckt hat.“ oder „Der Siebenschläfer heißt so, weil er jeden Tag nur sieben Stunden schläft.“ sind fachlich ebenfalls inkorrekt, werden in diesen Beispielen aber nicht durch animistische und anschlussfähige Konzepte erklärt und können ggf. Fehlvorstellungen hervorrufen, sollten also nicht verwendet werden. Außerdem kann das Elternteil ein Kind einerseits z.B. auffordern repetitiv einige Gegenstände im Buch zu benennen bzw. zu zeigen (i.S.v. „Was ist das?“, „Wo ist...?“), was wenig für das Kind angemessen ist, sodass es ggf. gelangweilt und passiv wirkt, ein anderes Kind könnte diese Art von Fragen andererseits als herausfordernd und spannend wahrnehmen, z.B. indem es dem Elternteil beweisen möchte, was es schon alles weiß, und dementsprechend ausdauernd mitmachen. Umgekehrt gilt für kompliziertere Fragen, dass ein Kind diese als herausfordernd wahrnehmen kann, aktiv mitmacht und sein Wissen zeigt, ein anderes Kind könnte durch diese Fragen abgehängt und passiv werden (z.B. „Und weißt du noch, warum der Mond manchmal ganz voll und manchmal nur halb zu sehen ist?“).</p>
<p>Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen</p>	<p>Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Elternteil mit dem Kind die Bedeutung einer Denk- und Arbeitsweise bespricht, z.B. „Weißt du, was eine Vermutung ist?“ oder sogar im Sinne des Forschungszyklus explizit eine Denk- und Arbeitsweise auf einer anderen aufbauen lässt, z.B. „Du hast ja vermutet, dass die Tiere im Winter in den Süden fliegen, weil... Wie können wir deine Vermutung denn jetzt überprüfen?“ oder „Du glaubst ja, dass der See gefriert, weil da so viel Schnee reinfällt. Wie können wir das überprüfen?“ Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sind z.B. das entwickeln einer naturwissenschaftlichen (Forscher-)Frage („Warum halten einige Tiere Winterschlaf?“), das Aufstellen einer Vermutung („Einigen Tieren ist im Winter zu kalt.“), das naturwissenschaftliche und gezielte Beobachten („Hier im Schnee sind die Spuren von einem Eichhörnchen. Einige Tiere unterbrechen auch ihren Winterschlaf.“),</p>

	<p>das Experimentieren, das Sammeln von Daten, das Anstellen von Vergleichen, das Kategorisieren von Objekten, das Begründen, Erklären und Interpretieren. Diese Denk- und Arbeitsweisen werden oftmals als kumulativ aufbauend und zyklisch i.S. eines Forschungszyklus beschrieben (Forscherfrage und Vermutung – Generieren von Daten, z.B. durch ein Experiment – Interpretation – neue Forscherfrage).*</p>			
	<p>*Dies wird im familiären Kontext, wenn überhaupt, nur sehr selten beobachtbar sein. Daher wird es nur positiv ausgelegt, wenn ein Elternteil die Denk- und Arbeitsweisen oder den Forschungszyklus nicht bespricht, nicht negativ.</p>			
Antwort				
1	2	3	4	
<p>Die Interaktion ist wenig „naturwissenschaftlich“. Das Elternteil bespricht z.B. häufig naturwissenschaftsfremde Themen oder stellt kaum oder gar keine Fragen zu naturwissenschaftlichen Inhalten, die ein längeres Gespräch zu diesen Inhalten hervorrufen. Gespräche über naturwissenschaftliche Inhalte sind durchgehend kurz und springen ggf. von einem Thema zum nächsten. Das Elternteil gibt kaum oder gar keine Erklärungen oder weitere Informationen zu naturwissenschaftlichen Inhalten. Ggf. benutzt das Elternteil fachlich unangemessene Erklärungen, stellt unangemessene Fragen an das Kind, beantwortet diese selbst, oder gibt zu viele Erklärungen und weiterführende Informationen an das Kind, sodass dieses passiv wird.</p>	<p>Die Interaktion ist nur manchmal „naturwissenschaftlich“. Das Elternteil bespricht z.B. nur manchmal naturwissenschaftliche Inhalte oder Gespräche über naturwissenschaftliche Inhalte sind eher kurz und springen von Thema zu Thema. Es stellt nur manchmal Fragen oder gibt Erklärungen und weiterführende Informationen zu naturwissenschaftlichen Inhalten, aus denen sich ein Gespräch über dieses Thema entwickeln kann. Ggf. benutzt das Elternteil fachlich unangemessene Erklärungen, stellt manchmal zu viele Fragen an das Kind, beantwortet manchmal seine Fragen selbst oder gibt zu viele Erklärungen und weiterführende Informationen an das Kind, sodass dieses manchmal passiv oder unaufmerksam wird.</p>	<p>Die Interaktion ist häufiger „naturwissenschaftlich“: Es treten häufiger Gespräche zu naturwissenschaftlichen Themen auf, das Elternteil thematisiert häufiger durch Fragen, Erklärungen und weiterführende Informationen naturwissenschaftliche Inhalte. Daraus resultierende Gespräche über naturwissenschaftliche Inhalte sind eher lang, nur gelegentlich sind die Gespräche, Fragen, Erklärungen oder weiterführenden Informationen des Elternteils weniger elaboriert und Gespräche fallen kürzer aus oder springen von Thema zu Thema.* Dabei stellt es aber nicht zu viele, sondern passende Fragen und gibt angemessene Erklärungen und Informationen an das Kind. Die Erklärungen des Elternteils sind fachlich angemessen.</p>	<p>Die Interaktion ist (fast) durchgängig „naturwissenschaftlich“: Es treten z.B. fast ausschließlich Gespräche zu naturwissenschaftlichen Themen auf und Gespräche über naturwissenschaftliche Themen sind häufig langandauernd (nur seltener wird mal von einem Thema zum nächsten gesprungen).* Das Elternteil erklärt häufig naturwissenschaftliche Inhalte, steuert häufig weiterführende Informationen zu den naturwissenschaftlichen Themen bei und stellt häufig Fragen zu naturwissenschaftlichen Themen, sodass sich längerdauernde Gespräche entwickeln. Es stellt dabei nicht unangemessen viele, sondern passende und angemessene Fragen und gibt (fachlich) angemessene Erklärungen und Informationen an das Kind.</p>	
<p>*Es ist auch für höherqualitative Ratings möglich, dass Elternteile naturwissenschaftliche Themen nur kurz behandeln und dann zum nächsten übergehen (wenn z.B. eine neue Seite aufgeschlagen wird und erst einmal gemeinsam erkundet wird, was alles zu sehen ist). Es muss für</p>				

höherqualitative Ratings allerdings deutlich erkennbar sein, dass einige naturwissenschaftliche Themen für längere Zeit im Fokus der Interaktion stehen. Häufigkeit, Länge, Dauer und Tiefe dieser Gespräche entscheiden für einen Ratingscore.

Relevanz der naturwissenschaftlichen Inhalte

Grundidee: Insbesondere für die Naturwissenschaften ist ein Bezug von Sichtbarem auf den Alltag des Kindes vonnöten, damit dieses die Inhalte in ein übergeordnetes Konzept einordnen kann (Steffensky et al., 2012). Diese Facette beschreibt daher, inwieweit Bezüge zum Alltag, zum Vorwissen bzw. zur Lebenswelt des Kindes hergestellt werden.			
Indikator			
Alltagsbezüge	Dieser Indikator beschreibt inwieweit das Elternteil Bezüge zwischen den Themen im Buch und dem naturwissenschaftlichen Alltag des Kindes herstellt.* Dabei wird bestimmt ob, wie häufig und inwieweit diese Bezüge hergestellt werden, z.B. indem das Elternteil sie nur nebenbei erwähnt, z.B. „Die Blumen haben wir auch bei uns im Garten!“, „Den Vogel haben wir auch letztens im Zoo gesehen.“, „Das haben wir letztens in deinem Buch gelesen.“, „Das kam letztens bei der Sendung mit der Maus.“ oder ob sich ein Gespräch aus diesen Bezügen zwischen Elternteil und Kind entwickelt und das lebensweltliche Thema für längere Zeit Gegenstand des gemeinsamen Gespräches ist, z.B. <i>Elternteil:</i> „Oma und Opa haben auch ein Storchennest, weißt du noch?“ – <i>Kind:</i> „Ja, und im Frühling kommen die da immer hin!“ – <i>Elternteil:</i> „Genau, und dann brüten sie da.“; <i>Elternteil:</i> „Das hatten wir doch bei Löwenzahn gesehen, warum die Vögel in den Süden fliegen, weißt du noch?“ - <i>Kind:</i> „Ja, denen ist hier ganz kalt.“ - <i>Elternteil:</i> „Genau, und deshalb wollen die in den warmen Süden.“.		
	*Hier geht es explizit um Bezüge zur <i>naturwissenschaftlichen</i> Umwelt des Kindes. Alltagsbezüge wie „Schau mal, Ostereier haben wir doch auch gesammelt!“ sind Alltagsbezüge ohne naturwissenschaftliche Relevanz.		
Bezug zum Vorwissen	Dieser Indikator beschreibt, ob, wie häufig und inwieweit das Elternteil Bezüge zwischen den Phänomenen im Buch und dem Vorwissen des Kindes herstellt. Dies sind z.B. Phänomene, die eher abstrakt sind und aus denen hervorgeht, dass das Kind bereits Vorwissen über diese Phänomene haben muss (aus der Kita, durch Sachbücher, Fernsehdokumentationen, aus dem Internet), z.B. warum es überhaupt Jahreszeiten gibt, Fragen über den Wasserkreislauf, über Wachstum und Veränderungen von Tieren (vom Jungtier zur ausgewachsenen Form) oder die Entstehung von Gewitter. Ggf. sagt das Elternteil sogar etwas wie „Das habt ihr euch doch letztes Jahr in der Kita angeschaut.“ oder „Dazu haben wir doch das Was-ist-Was-Buch.“ Dass auf das Vorwissen des Kindes aufgebaut wird und Referenzen zum Vorwissen gemacht werden, ist z.B. auch erkennbar, wenn das Elternteil Fragen zu Dingen stellt, die im Buch nicht abgebildet sind und somit Vorwissen des Kindes erfordert, z.B.: <i>Elternteil:</i> „Wie entstehen denn die Wolken hier?“ – <i>Kind:</i> „Die sind aus Wasser vom Boden, das in den Himmel geht, das verdunstet, ...“ (dieses Thema ist nicht im Buch beschrieben). Hingegen ist das Beispiel <i>Elternteil:</i> „Wie wachsen denn Vögel auf?“ – <i>Kind:</i> „Zuerst sind die ein Ei, dann schlüpfen die und sind ein Küken, ...“ im Buch explizit abgebildet und würde nicht als Bezug zum Vorwissen des Kindes zählen.		
Antwort			
1	2	3	4
Das Elternteil stellt kaum oder gar keine Bezüge zum	Das Elternteil stellt manchmal Bezüge zum naturwissenschaftlichen	Das Elternteil stellt häufiger Bezüge zum naturwissenschaftlichen	Das Elternteil stellt häufig Bezüge zum naturwissenschaftlichen

<p>naturwissenschaftlichen Alltag oder zum Vorwissen des Kindes her.</p>	<p>Alltag oder zum Vorwissen des Kindes her, die dabei aber nur selten elaboriert sind. Oder das Elternteil stellt mehrmals Bezüge her, die stets nur sehr knapp sind und aus denen sich kein Gespräch entwickelt.*</p>	<p>Alltag bzw. Vorwissen des Kindes her. Diese Bezüge sind dabei manchmal elaboriert, indem sich z.B. ein Gespräch darüber entwickelt, manchmal sind diese Gespräche hingegen sehr kurz.*</p>	<p>Alltag und zum Vorwissen des Kindes her. Daraus resultiert häufiger ein Gespräch über dieses naturwissenschaftliche Alltagsphänomen bzw. das Vorwissen des Kindes, nur gelegentlich können diese Gespräche knapp sein.*</p>
<p>*Es ist auch für höherqualitative Interaktionen möglich, dass das Elternteil kurze Bezüge zum Alltag herstellt i.S.v. kurzen Äußerungen („Die Blumen haben wir auch im Garten.“), die kommentierend und nicht elaboriert sind. Wenn ausschließlich (und zumindest manchmal) solche Äußerungen vorliegen, wird eine 2 vergeben. Je nachdem, wie häufig Alltagsbezüge hergestellt werden und sich auch elaborierte Gespräche darüber entwickeln, wird eine 3 oder 4 vergeben.</p>			

Engagement - Kind

Teilnahme am Gespräch

Grundidee: Diese Facette beschreibt, inwieweit das Kind in der gemeinsamen Buchbetrachtung mit dem Elternteil kognitiv involviert ist, was sich dadurch zeigt, inwieweit das Kind am gemeinsamen Gespräch teilnimmt, d.h. Äußerungen und Kommentare zu den Buchseiten macht und eigene Entdeckungen verbalisiert, Fragen stellt und Antworten auf die Fragen des Elternteils gibt.			
Indikator	Niedrige Ausprägung	Mittlere Ausprägung	Hohe Ausprägung
Äußerungen und Kommentare	Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Kind Äußerungen und Kommentare zum Buch dazusteuert, wenn das Elternteil und das Kind gemeinsam eine Buchseite betrachten. Dies kann z.B. vorkommen, wenn Elternteil und Kind die Gegenstände im Buch zusammen benennen und das Kind eigene Erfahrungen dazusteuert. Diese Erfahrungen steuert das Kind dazu, ohne dass es vom Elternteil explizit dazu aufgefordert wird, z.B. ohne dass das Elternteil eine Frage stellt: (<i>Kind, beschreibt die Buchseite</i>) „Hier ist ein Teich mit Fischen. Da ist ein Hund, der will da baden. Und hier schwirren ganz viele Mücken.“; „Gestern bei Pia haben wir auch solche Vögel gesehen.“; „Das haben wir auch schon in der Kita gemacht! Das ist...“ Oder das Kind geht auf die Äußerungen des Elternteils ein, ohne dass dieses das Kind dazu explizit anregt, z.B. <i>Elternteil:</i> „Und man kann auch ein Gewitter sehen!“ – „Beim Gewitter kommt immer ganz viel Blitz und Donner, dann regnet es ganz viel und man muss sich verstecken.“ Dies ist davon abzugrenzen, wenn das Kind Erklärungen gibt, wenn das Elternteil es (durch eine Frage) explizit dazu auffordert.		
Stellt Fragen	Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Kind Fragen an das Elternteil richtet.* *Es wird hier nicht bewertet, welcher Domäne diese Fragen angehören (Naturwissenschaften, Mathematik, (Schrift-)Sprache, Kunst, ...). Es wird hier ebenfalls nicht mitbewertet, wie das Elternteil auf diese Fragen eingeht.		
Gibt Antworten	Dieser Indikator beschreibt, wie das Kind die Fragen des Elternteils beantwortet. Dabei kann das Kind entweder sehr kurz und knapp antworten, es gibt bei offenen Fragen nur eine kurze Antwort, z.B. „Woran erkennst du, dass Winter ist?“ – „Überall ist Schnee.“ oder „Was kann man alles im Herbst machen?“ – „Drachen steigen lassen.“. Oder das Kind antwortet umfangreich auf die Fragen des Elternteils, selbst bei geschlossenen Fragen kann das Kind ggf. ausführlich antworten, z.B. „Welche Jahreszeit siehst du hier?“ – „Das ist Winter! Überall ist Schnee. Ein Iglu und ein Schneemann ist da und es ist ganz eisig kalt.“; „Woran erkennst du, dass Herbst ist?“ – „Es ist kalt, man braucht einen Schal und hier ist ein Feuer. Und die Blätter fallen ab und werden ganz rot.“ Dabei steuert es ggf. über die Frage des Elternteils hinaus etwas bei, z.B. <i>Elternteil:</i> „Welches Tier ist das denn?“ – <i>Kind:</i> „Das ist eine Mücke! Das sieht man daran, dass die vorne so einen Stachel haben. Fliegen haben das nicht.“; <i>Kind:</i> „Schmetterlinge haben vorne so einen Rüssel, damit sie den Nektar schlürfen können. Das ist oben in der Pflanze.“ oder es beantwortet selbst schwierigere Fragen des Elternteils (z.B. <i>Elternteil:</i> „Warum sind denn im Herbst die Bäume so schief?“ – <i>Kind:</i> „Weil...“)		

Antwort			
1	2	3	4
Das Kind nimmt kaum am Gespräch teil. Es steuert kaum selbst etwas eigeninitiativ zum Gespräch bei und antwortet nur knapp auf die Fragen und Impulse des Elternteils.	Das Kind beteiligt sich nur manchmal aktiv am Gespräch. Es kommentiert gelegentlich von selbst etwas aus dem Buch, während die Antworten auf die Fragen des Elternteils eher knapp und nur selten elaboriert sind.	Das Kind ist häufiger aktiv am Gespräch beteiligt. Es steuert selbst Dinge und Erfahrungen zu den Phänomenen im Buch bei und antwortet auf die Fragen des Elternteils elaboriert. Gelegentlich zieht es sich allerdings etwas mehr aus dem Gespräch zurück und ist etwas passiver. Ggf. stellt das Kind sogar Fragen an das Elternteil.	Das Kind ist durchgängig aktiv und eigeninitiativ am Gespräch beteiligt. Es beantwortet die Fragen des Elternteils häufig elaboriert, steuert selbst Erfahrungen und Erlebtes bei, und kommentiert eigeninitiativ die Phänomene des Buches. Ggf. stellt das Kind sogar Fragen an das Elternteil.

Emotionales und behaviorales Engagement

Grundidee: Diese Facette stellt Indikatoren zusammen, die Aussagen darüber treffen, wie neugierig das Kind auf die gemeinsame Buchbetrachtung ist und interessiert an ihr teilnehmen kann.			
Indikator			
Aufmerksamkeit und Ausdauer	Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Kind dem Elternteil während der Vorlesesituation aufmerksam zuhört und dem folgt, was das Elternteil beisteuert. Wenn das Kind z.B. wenig aufmerksam ist und nicht zuhört, reagiert es ggf. nicht auf die Fragen des Elternteils, redet plötzlich über etwas ganz anderes als das, worüber das Elternteil geredet hat (z.B. <i>Elternteil:</i> „... und im Herbst kann man auch Drachen steigen lassen, so windig ist das!“ – <i>Kind, reagiert nicht darauf und zeigt gleich nach der Aussage des Elternteils auf etwas anderes:</i> „Guck mal, der Mann da hackt Holz!“) oder reagiert nur kurz und knapp (z.B. „... und im Herbst kann man auch Drachen steigen lassen, so windig ist das!“ – „Ja. Aber guck mal, der Mann da hackt Holz!“). Es ist ggf. sogar ersichtlich, dass das Kind vom Buch wegschaut, tagträumt, unruhig wird oder andere Zeichen von Langeweile zeigt. Demgegenüber stehen Kinder, die aufmerksam der Interaktion folgen, aktiv handeln, zuhören und dem Elternteil auf Fragen antworten.		
Eigeninitiative	Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Kind eigeninitiativ handelt, von sich aus Kommentare und Äußerungen gibt, ohne dass das Elternteil es dazu auffordert, eigene Ideen zu der gemeinsamen Buchbetrachtung beisteuert und eigene Themen vorschlägt (z.B. „So einen Hund hat Pia auch.“, „In der Kita haben wir auch letztens Eis gehabt.“).		
Fokus auf Buch	Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Kind auf das Buch fokussiert ist, d.h. zusammen mit dem Elternteil das Buch anschaut, eine gemeinsame Arbeitshaltung mit dem Elternteil einnimmt (gemeinsam über das Buch beugen, darauf schauen, einen gemeinsamen Arbeitsfokus einnehmen), und auf Gegenstände in dem Buch deutet und ggf. kommentiert („Guck mal da!“, „Hier!“, „Eine Biene!“).		
Freude und Aufgeregtheit	Dieser Indikator beschreibt, inwieweit das Kind (physisch) Aufgeregtheit oder Freude während der Interaktion zeigt, z.B. indem es aufgeregt auf etwas deutet, lacht, in die Hände klatscht oder Freude verbal äußert („Das ist ja cool!“).		
Sicherheit	Dieser Indikator beschreibt das Ausmaß, inwieweit sich das Kind sicher und kompetent genug fühlt, um an der Interaktion teilzunehmen, Ideen zu teilen, Fragen zu stellen oder interessante Dinge im Buch zu zeigen. Dies zeigt sich u.a. dadurch, wie selbstbewusst das Kind die Fragen des Elternteils beantwortet (z.B. <i>Elternteil:</i> „Welches Tier ist das denn?“ – <i>Kind:</i> „Das ist eine Mücke! Das sieht man daran, dass die vorne so einen Stachel haben. Fliegen haben das nicht.“), ob es über die Frage des Elternteils hinaus etwas beisteuern kann, z.B. <i>Kind:</i> „Schmetterlinge haben vorne so einen Rüssel, damit sie den Nektar schlürfen können. Das ist oben in der Pflanze.“), ob es selbst schwierigere Fragen des Elternteils beantworten kann (z.B. <i>Elternteil:</i> „Warum sind denn im Herbst die Bäume so schief?“ – <i>Kind:</i> „Weil...“) oder selbstinitiativ neue Themen beisteuern kann.		
Antwort			
1	2	3	4
Das Kind wirkt kaum neugierig auf die Interaktion: Es ist z.B. häufiger	Das Kind ist nur manchmal neugierig auf die Interaktion: Es ist	Das Kind ist häufiger neugierig auf die Interaktion: Es zeigt z.B. nur	Das Kind wirkt durchgängig neugierig: Es zeigt z.B. Anzeichen von

<p>wenig ausdauernd dabei und wirkt eher passiv, tagträumerisch oder unkonzentriert. Es fokussiert sich ggf. teilweise nicht auf das Buch und zeigt wenige Anzeichen von Freude.</p>	<p>z.B. nur gelegentlich fokussiert, steuert nur manchmal etwas eigeninitiativ zur Interaktion bei. Manchmal allerdings wirkt es unkonzentriert, ist abgelenkt oder tagträumt. Es zeigt seltener Anzeichen von Freude an der Interaktion.</p>	<p>bei wenigen Gelegenheiten, dass es unkonzentriert ist, tagträumerisch oder weniger fokussiert. Es zeigt gelegentlich Anzeichen von Freude auf die gemeinsame Interaktion und steuert auch Kommentare bzw. Äußerungen zu schwierigeren Sachverhalten bei.</p>	<p>Freude, steuert eigeninitiativ und aktiv Dinge zur Interaktion bei, ist fokussiert und erklärt auch schwierigere Sachverhalte.</p>
--	---	---	---

Literaturverzeichnis

- Anders, Y., Blaurock, S., Kluczniok, K., Lehrl, S., Resa, E., & Wieduwilt, N. (2017). *Deutsche Übersetzung der Sustained Shared Thinking and Emotional Well-being (SSTEWS) Scale: Unveröffentlichte Forschungsversion.*
- Clingenpeel, B. T., & Pianta, R. C. (2007). Mothers' Sensitivity and Book-reading Interactions with First Graders. *Early Education & Development, 18*(1), 1–22. <https://doi.org/10.1080/10409280701274345>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift Für Pädagogik, 39*(2), 223–238.
- Hammett Price, L., van Kleeck, A., & Huberty, C. J. (2009). Talk During Book Sharing Between Parents and Preschool Children: A Comparison Between Storybook and Expository Book Conditions. *Reading Research Quarterly, 44*(2), 171–194. <https://doi.org/10.1598/RRQ.44.2.4>
- Kuger, S., Pflieger, K., & Roszbach, H.-G. (2005). *Forschungsversion "Familieneinschätzungsskala" (Skala zur halbstandardisierten Aufgabe): Version 1.01.*
- Pianta, R. C., La Paro, K. M., & Hamre, B. K. (2008). *Classroom assessment scoring system manual, pre-K.* Teachstone Training, LLC. <http://worldcatlibraries.org/wcpa/oclc/1117344034>
- Purdon, A. (2016). Sustained shared thinking in an early childhood setting: an exploration of practitioners' perspectives. *Education 3-13, 44*(3), 269–282. <https://doi.org/10.1080/03004279.2014.907819>
- Siraj-Blatchford, I. (2009). Conceptualising progression in the pedagogy of play and sustained shared thinking in early childhood education: a Vygotskian perspective. *Faculty of Social Sciences - Papers (Archive), 2–77.* <https://ro.uow.edu.au/sspapers/1224>
- Steffensky, M., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H., & Nölke, C. (2012). Alltagssituationen und Experimente: Was sind geeignete naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft, 15*(1), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0262-3>
- Steffensky, M., & Neuhaus, B. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Lehrbuch. Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 299–313). Springer.
- Totsika, V., & Sylva, K. (2004). The Home Observation for Measurement of the Environment Revisited. *Child and Adolescent Mental Health, 9*(1), 25–35. <https://doi.org/10.1046/j.1475-357X.2003.00073.x>
- Vygotsky, L. S. (1987). Thinking and Speech. In R. W. Rieber, A. S. Carton, L. S. Vygotsky, & J. S. Bruner (Eds.), *The Collected Works of L. S. Vygotsky: Vol. 1. Problems of general psychology. Including the volume "Thinking and speech"* (pp. 37–285). Plenum Press.
- Wiehle, K. (2016). *Alle vier Jahreszeiten. 100% Naturbuch.* Beltz & Gelberg.

Eidesstattliche Versicherung

Ich, Henning Dominke, versichere an Eides statt, dass ich die Dissertation mit dem Titel: „Die naturwissenschaftliche familiäre Lernumwelt. Quantität und Qualität von Interaktionen und ihre Zusammenhänge mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Kinder“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Berlin, 25.05.2025

Ort, Datum



Unterschrift Doktorand:in

Erklärung

Darüber hinaus erkläre ich, dass ich keine kommerzielle Promotionsberatung in Anspruch genommen habe und die Arbeit nicht schon einmal in einem früheren Promotionsverfahren angenommen oder als ungenügend beurteilt worden ist.

Berlin, 25.05.2025

Ort, Datum



Unterschrift Doktorand:in