

# **UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF**

Zentrum für Radiologie und Endoskopie  
Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und  
Nuklearmedizin

Direktor  
Prof. Dr. med. Gerhard Adam

## **Wertigkeit der Computertomographie zur Diagnostik von Differentialdiagnosen beim klinischen Verdacht einer Divertikulitis**

### **Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Franziska Schlichting  
aus Hamburg

Hamburg 2020

**Angenommen von der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 17.06.2021**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

**Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: PD Dr. Michael Tachezy**

**Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: PD Dr. Frank Oliver Henes**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
1.1	Arbeitshypothese und Fragestellung.....	5
1.2	Divertikulitis .....	6
1.2.1	Epidemiologie.....	6
1.2.2	Ätiologie .....	7
1.2.3	Klassifikation .....	9
1.2.4	Klinische und laborchemische Diagnostik.....	9
1.2.5	Bildgebende Diagnostik .....	11
1.3	Computertomographie.....	12
1.3.1	Technische Grundlagen.....	12
1.3.2	Bildrekonstruktion.....	13
1.3.3	Vor- und Nachteile im Vergleich zur Sonographie.....	14
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>16</b>
2.1	Patientenkollektiv.....	16
2.2	Computertomographie.....	17
2.2.1	Vorbereitung und Durchführung der Computertomographie .....	17
2.2.2	Geräteparameter .....	17
2.2.3	Auswertung der Aufnahmen .....	18
2.3	Datenerhebung.....	19
2.4	Statistische Auswertung .....	20
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>21</b>
3.1	Prävalenzen von Divertikulitis und Differentialdiagnosen .....	21
3.1.1	Altersverteilung.....	24
3.1.2	Geschlecht .....	27
3.1.3	Zuweisungsstatus.....	29
3.1.4	Patienten ohne eindeutige Diagnose .....	31
3.2	Diagnostische Genauigkeit für Divertikulitis und Differentialdiagnosen .....	32
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>36</b>

4.1	Prävalenzen von Divertikulitis und Differentialdiagnosen .....	36
4.1.1	Altersverteilung.....	36
4.1.2	Geschlecht .....	40
4.1.3	Zuweisungsstatus.....	41
4.1.4	Patienten ohne eindeutige Diagnose .....	42
4.2	Diagnostische Genauigkeit .....	44
4.3	Limitationen .....	46
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>Summary .....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>60</b>
<b>11</b>	<b>Anlagenverzeichnis .....</b>	<b>61</b>
<b>12</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>62</b>
<b>13</b>	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>63</b>
<b>14</b>	<b>Eidesstattliche Erklärung.....</b>	<b>65</b>
<b>15</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>66</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Arbeitshypothese und Fragestellung

Patienten mit dem klinischen Verdacht einer Divertikulitis können anhand Anamnese und klinischer und laborchemischer Untersuchung nur in 64-72 % der Fälle richtig identifiziert werden (Lameris et al., 2010; Laurell et al., 2007; Toorenvliet et al., 2010). Die Bildgebung ist deswegen ein wichtiger Schritt in der Diagnosefindung. Insbesondere die CT bietet die Möglichkeit, die Divertikulitis mit einer hohen Sensitivität und Spezifität zu identifizieren und eine Vielzahl von Differentialdiagnosen aufzudecken. Die Sensitivität und Spezifität der Computertomographie für Differentialdiagnosen wurden bisher nicht explizit untersucht. In Studien, die primär die Divertikulitis untersuchten, wird eine Sensitivität der CT von 71-89 % für die Erkennung von Differentialdiagnosen angegeben (Cho et al., 1990; Farag Soliman et al., 2004; Rao et al., 1998; Werner et al., 2003).

Alle diese Studien sind jedoch aufgrund ihrer kleinen Fallzahlen stark in ihrer Aussagekraft eingeschränkt und können deswegen insbesondere nicht die gesamte Bandbreite möglicher, relevanter Differentialdiagnosen aufzeigen. Es existieren nach unserer Recherche keine Studien, die die diagnostische Genauigkeit der Computertomographie sowohl für die Divertikulitis als auch für klinisch relevante Differentialdiagnosen anhand einer großen Fallzahl in einer klinischen Situation untersuchen. Hinzu kommt, dass sich die Anzahl der CT-Untersuchungen seit dem Erscheinen der Studien erhöht hat und es Anzeichen gibt, dass sich die Altersstruktur der Divertikulitispatienten gerade in der letzten Zeit geändert hat (Etzioni et al., 2009). Dies hat möglicherweise auch Auswirkungen auf das Spektrum der relevanten Differentialdiagnosen.

Diese Studie hat deswegen zum Ziel, die Prävalenz der Divertikulitis und ihrer Differentialdiagnosen an einer großen Patientenkohorte darzustellen. Außerdem soll die diagnostische Genauigkeit der Computertomographie sowohl für die Divertikulitis als auch insbesondere für mögliche Differentialdiagnosen untersucht werden.

## 1.2 Divertikulitis

### 1.2.1 Epidemiologie

In deutschen Krankenhäusern wurden zwischen 2011 und 2013 jährlich insgesamt etwa 130.000 Patienten mit einer Divertikulitis behandelt. Das entspricht etwa 125/100.000 Einwohner. Knapp jeder Vierte davon musste deswegen operiert werden (Schnitzbauer et al., 2016). Eine aktuelle dänische Studie erfasste über ein landesweites Register alle Patienten, die zwischen 2000 und 2010 in Dänemark mit einer akuten Divertikulitis aus dem Krankenhaus entlassen wurden. Während die Prävalenz konstant blieb, konnte jedoch gezeigt werden, dass der Anteil an Patienten mit einer schweren Divertikulitis im Beobachtungszeitraum um 42,7 % anstieg (Hupfeld et al., 2018). Dies deckt sich mit einer italienischen Studie, die einen Anstieg komplizierter Divertikulitiden zwischen 2005 und 2015 verzeichnete (Cammarota et al., 2018). Verschiedene internationale Studien zeigten hingegen auch einen zunehmenden Anstieg in der Prävalenz der Divertikulitis (Etzioni et al., 2009; Warner et al., 2007).

Bharucha et al. konnten zeigen, dass die Inzidenz sogar zunehmend schneller zu steigen scheint. Im untersuchten Zeitraum zwischen 1980-1989 betrug die Inzidenz der Divertikulitis in den USA 115 Neuerkrankungen pro 100.000 Personen im Jahr. Im Zeitraum 1990-1999 war die Anzahl der Neuerkrankungen um 7 % auf 123 Neuerkrankungen gestiegen. 2000-2007 wurde, im Vergleich zu 1990-1999, ein erneuter Anstieg um 53 % beobachtet (Inzidenz = 188/100.000) (Bharucha et al., 2015).

Die Inzidenz der Divertikulitis steigt auch mit zunehmendem Lebensalter. Das zeigen sowohl ältere Autopsiestudien (Eide und Stalsberg, 1979), als auch aktuelle epidemiologische Untersuchungen (Hupfeld et al., 2018; Schnitzbauer et al., 2016; Warner et al., 2007). Interessanterweise konnten neuere Studien im zeitlichen Verlauf jedoch einen überproportionalen Anstieg der Prävalenz bei jüngeren Patienten beobachten. So betrug der Anstieg der Prävalenz der Divertikulitis in der Studie von Etzioni et al. in der jüngsten Altersgruppe (18-44 Jahre) im Beobachtungszeitraum von 1998-2005 82 %, während er in der gesamten untersuchten Population nur 26 % betrug (Etzioni et al., 2009). Auch die eingangs erwähnte dänische Studie von Hupfeld et al. beschreibt eine Verschiebung der Prävalenz hin zu jüngeren Patienten. Im Jahr 2000 fanden sich die meisten Divertikulitiden in der Gruppe der 70-79-jährigen Patienten, wohingegen 2012 die meisten Patienten mit Divertikulitis zwischen 60 und 69 Jahre alt waren. Auch das Durchschnittsalter der Erkrankten sank von 2000 bis 2012 um drei Jahre von 68 auf 65 Jahre (Hupfeld et al., 2018).

Frauen sind von der Divertikulitis mit etwa 60 % etwas häufiger betroffen als Männer (Cammarota et al., 2018; Etzioni et al., 2009; Hupfeld et al., 2018; Schnitzbauer et al., 2016).

### **1.2.2 Ätiologie**

Divertikel des Kolons sind erworbene Ausstülpungen der Darmschleimhaut durch muskelschwache Lücken der Darmwand an den Eintrittsstellen der den Darm versorgenden vasa recta (Herold, 2017). In 90 % aller Fälle finden sich die Divertikel im Sigma und sind Pseudodivertikel (Herold, 2017). Darunter versteht man eine Ausstülpung der Darmwand die nur aus Mukosa und Submukosa besteht, wohingegen ein echtes Divertikel mit einer Ausstülpung aller Wandschichten, d.h. Mukosa, Submukosa und Muskularis definiert ist (Ochsenkühn und Göke, 2002). Ein asymptomatisches Vorhandensein von Divertikeln im Darm bezeichnet man als Divertikulose. Unter Divertikelkrankheit werden alle Komplikationen und Symptome verstanden, die auf dem Boden einer Divertikulose entstehen. Sind die Divertikel entzündet, spricht man von einer Divertikulitis (Herold, 2017).

Die genauen Ursachen für das Entstehen von Divertikeln sind bis heute nicht vollständig geklärt (Feuerstein und Falchuk, 2016). Bereits im 19. Jahrhundert gab es Beschreibungen von Divertikeln im Darm und auch Mutmaßungen, wie diese entstanden sein könnten. So schreibt Klebs 1869 im „Handbuch der pathologischen Anatomie“, dass die Divertikel stets an den Stellen des Mesenteriums auftreten, „an denen ein Gefässbündel auf den Darm übergeht“. Außerdem beobachtete er, dass multiple Divertikel „stets bei älteren und zwar besonders fettleibigen Personen“ auftraten. Er zog daraus die Schlussfolgerung, dass Divertikel im Laufe des Lebens erworben wurden und machte eine „Dehnung des Mesenteriums von Seiten des Darms“ dafür verantwortlich (Klebs, 1868).

Klinisch relevant wurden Divertikelerkrankungen durch gestiegene Fallzahlen im 20. Jahrhundert (Painter und Burkitt, 1971). Sie machten dafür vor allem eine ballaststoffarme Ernährung verantwortlich, da die Inzidenz der Divertikulose zwischen 1900 und 1970 vor allem in ökonomisch entwickelten Ländern besonders stark angestiegen war. In asiatischen und afrikanischen Entwicklungsländern, wo weiterhin traditionelle, ballaststoffreiche Kost verzehrt wurde, fanden sich 1970 nahezu keine Fälle von Divertikulose (Painter und Burkitt, 1971). Als Ursache für die Divertikulose machten sie ein vermindertes Stuhlvolumen, das mit einer längeren Passagezeit und damit auch einem erhöhten intraluminalen Druck einhergeht, verantwortlich (Burkitt et al., 1972). Tiermodelle an Ratten stützen diese Theorien (Fisher et al., 1985). Auch eine prospektive Kohortenstudie an knapp 50.000 US-Amerikanern zeigte, dass eine symptomatische Divertikulose umso öfter auftrat, je geringer die Einnahme von Ballaststoffen war. Die Studie

fand außerdem einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Divertikulose und einem hohen Konsum von Fett und rotem Fleisch (Aldoori et al., 1994).

Neuere Studien zeigen allerdings, dass die Hypothese von Burkitt und Painter, die das Entstehen der Divertikulose ausschließlich auf Ballaststoffmangel zurückführen, überdacht werden sollte (Peery et al., 2012a; Strate, 2012). Peery et al. konnten zeigen, dass in einer Gruppe von 2104 Patienten, die routinemäßig koloskopiert wurden, die Prävalenz der Divertikulose bei Patienten mit ballaststoffreicher Ernährung nicht vermindert war. Auch den eingangs von Aldoori et al. beschriebenen Zusammenhang zwischen Fett und rotem Fleisch als Erklärung für die Genese einer Divertikulitis (Aldoori et al., 1994) konnte die Studie nicht bestätigen (Peery et al., 2012a).

Strate et al. beschrieben in ihrem Review vier Mechanismen der Pathophysiologie einer Divertikelerkrankung: chronischer, niedrigschwelliger Entzündungsreiz, eine veränderte Darminnervation und –motilität sowie eine Veränderung des intestinalen Mikrobioms (Strate et al., 2012).

Eine italienische Studie fand in den Operationsresektaten von Patienten, die mit einer Divertikulitis operiert wurden, deutlich weniger Cajal-Zellen als in den Operationsresektaten der Kontrollgruppe. Da die Cajal-Zellen als Schrittmacherzellen der Darmbewegung anzusehen sind, vermuten Bassotti et al. hier eine mögliche Ursache für die verminderte Darmmotilität und die möglicherweise daraus resultierende Divertikulose (Bassotti et al., 2005).

Eine Studie an schwedischen Zwillingen beschrieb zudem auch eine genetische Komponente der Divertikelkrankheit. Bei monozygoten Zwillingen betrug die Odds-Ratio eine Divertikulitis zu entwickeln 7,15, wenn ein Zwilling betroffen war. Bei gleichgeschlechtlichen monozygoten Zwillingen betrug die Odds-Ratio 3,2. Den Einfluss genetischer Faktoren schätzen die Autoren der Studie abschließend auf 40 %, den der Umweltfaktoren auf 60 % (Granlund et al., 2012).

Mit zunehmendem Alter findet sich ein größerer Anteil von Trägern einer asymptomatischen Divertikulose. Schätzungen zufolge haben 5-10 % der über 45-jährigen und fast 80 % der über 85-jährigen eine Divertikulose (Ferzoco et al., 1998). Diese ist Voraussetzung dafür, dass eine Divertikulitis überhaupt erst entstehen kann. Wie viele Patienten mit einer Divertikulose tatsächlich eine Divertikulitis entwickeln, wird in der Literatur mit 4-20 % sehr unterschiedlich angegeben (Ferzoco et al., 1998; Shahedi et al., 2013).

Die Entstehung der Divertikulitis ist durch einen Entzündungsprozess gekennzeichnet. Pathologisch dominierte Theorien nennen dafür stets den Verschluss des Divertikels durch einen Kotstein oder Nahrungsreste als Ursache, in deren Folge es zur Mikroperforation

kommt, die dann eine Entzündungsreaktion zur Folge hat (Becker, 1976; Stollman und Raskin, 1999). Weiterhin können Ulzerationen durch den Kotstein hervorgerufen werden oder eine Entzündungsreaktion im Rahmen einer mechanisch bedingten Ischämie des Divertikels entstehen (Becker, 1976).

Dass sich Divertikulose und Divertikulitis nicht immer so scharf trennen lassen, wie es insbesondere ältere Literatur vermuten lässt, wird aus einem aktuellen Review deutlich (Strate et al., 2012). Zum einen gibt es Hinweise, dass sich auch in den Biopsien klinisch asymptomatischer Patienten mit Divertikulose Entzündungszeichen finden. Zum anderen sind Patienten nach einer vermeintlich ausgeheilten Divertikulitis längst nicht immer beschwerdefrei, sondern weisen häufig Symptome auf, die viele Überschneidungen mit dem Reizdarmsyndrom liefern (Strate et al., 2012). Die Autoren plädieren entsprechend dafür, die klassische Abgrenzung asymptomatischer Divertikulose und symptomatischer Divertikulitis zu verlassen, und eher vom Krankheitsbild einer chronischen Divertikelerkrankung zu sprechen.

### **1.2.3 Klassifikation**

Nach der Klassifikation der aktuellen S2k-Leitlinie von 2014 „Divertikelkrankheit/Divertikulitis“ lassen sich Divertikulose und Divertikelkrankheit in fünf Typen unterteilen. Die asymptomatische Divertikulose ist als Typ 0 definiert. Die akute unkomplizierte Divertikulitis, bei der sich die Entzündungsreaktion entweder ausschließlich auf das Divertikel (Peridivertikulis) oder phlegmonös auf seine unmittelbare Umgebung beschränkt, entspricht Typ 1. Liegen ein Abszess, eine Perforation und/oder eine Peritonitis als Komplikationen vor, bezeichnet man dies als akut komplizierte Divertikulitis welche entsprechend als Typ 2 definiert ist. Die chronische Divertikulitis entspricht Typ 3 und eine Divertikelblutung Typ 4 (Leifeld et al., 2014).

### **1.2.4 Klinische und laborchemische Diagnostik**

Anamnese und klinische Untersuchung sind die ersten Schritte, um eine Divertikulitis zu diagnostizieren und liefern wichtige Informationen (Laurell et al., 2007). Dazu gehören Inspektion, Palpation, Perkussion und Auskultation genauso wie eine digital-rektale Untersuchung (Leifeld et al., 2014).

Aufgrund der Lage des Sigmas im linken Unterbauch äußern die meisten Patienten mit einer Divertikulitis akut einsetzende Schmerzen in diesem Bereich. Da das Sigma jedoch in seiner Lage variabel ist, und es auch Divertikulitiden in anderen Bereichen des Kolons gibt, können die Schmerzen auch anderswo im Bauch lokalisiert sein. Oft wird auch eine Änderung des Stuhlverhaltens beschrieben (Obstipation, Diarrhoe, Blähungen). Weiterhin sollte eine Temperaturmessung durchgeführt werden, um subfebrile Temperaturen (>37,6-38°C) als Zeichen einer Entzündung zu erkennen (Leifeld et al., 2014).

Im nächsten Schritt werden in der Blutentnahme laborchemische Entzündungsparameter bestimmt. Dazu zählen vor allem Leukozyten und C-reaktives Protein (CRP). Die Werte werden als erhöht und damit verdächtig auf eine Divertikulitis gewertet, wenn das CRP >5mg/100ml und die Leukozyten >10.000/µl sind (Leifeld et al., 2014).

Eine häufig in den Leitlinien und der Literatur zu findende Symptomkonstellation für die Divertikulitis ist das Vorhandensein von abdominellen Schmerzen besonders im linken Unterbauch und Entzündungsparameter in Form von erhöhten Leukozyten, CRP und Fieber (Jacobs, 2007; Sheth et al., 2008; Stollman und Raskin, 1999).

Abdominelle Schmerzen und Entzündungsparameter kommen bei fast allen Patienten mit Divertikulitis vor. Die Spezifität, eine Divertikulitis bei Fehlen dieser Parameter klinisch auszuschließen, ist deswegen mit 98 % hoch (Toorenvliet et al., 2010). Allerdings weist längst nicht jeder Patient mit Divertikulitis alle für die Divertikulitis charakteristischen Symptome auf. Longstreth et al. beschreiben, dass abdominelle Schmerzen bei fast allen Patienten mit Divertikulitis vorkommen. Eine Mehrheit von knapp 60 % hat erhöhte Leukozytenwerte. Fieber findet sich mit 30 % nur bei einer Minderheit der Patienten. Alle drei Befunde zusammen kommen nur bei knapp einem Viertel aller Patienten mit Divertikulitis vor (Longstreth et al., 2012). Der geringe Anteil von Patienten mit Fieber steht im Gegensatz zur amerikanischen Leitlinie zur Diagnostik und Behandlung der Divertikulitis, in der beschrieben ist, dass Fieber bei der Mehrheit der Patienten mit Divertikulitis auftritt (Stollman und Raskin, 1999).

Die Studie von Lameris et al. versuchte anhand der Symptome von 1021 Patienten, diejenigen zu identifizieren, bei denen eine Divertikulitis ohne Bildgebung sicher klinisch diagnostiziert werden konnte. Sie fand als charakteristische Kombination von klinischen Symptomen das Vorhandensein von isoliertem Druckschmerz im linken Unterbauch, das Fehlen von Erbrechen und ein CRP >50 mg/l als klinisch hochspezifisch für eine Divertikulitis. Alle drei Parameter lagen allerdings nur bei 34/1021 (3,3 %) Patienten vor, von denen 30 eine Divertikulitis hatten. 50 weitere Patienten hatten ebenfalls eine Divertikulitis, wiesen aber maximal zwei der drei genannten Merkmale auf (Lameris et al., 2010). Für einen Großteil der Patienten in dieser Studie waren die genannten klinischen Parameter entsprechend nicht ausreichend, um eine Divertikulitis sicher zu diagnostizieren.

Insgesamt lässt sich jedoch beim Fehlen von charakteristischen Schlüsselsymptomen die Divertikulitis mit einer hohen Spezifität von 97-98 % ausschließen (Laurell et al., 2007; Toorenvliet et al., 2010). Aufgrund der selten vollständig ausgeprägten Symptomkonstellation ist die Sensitivität, eine Divertikulitis nur anhand Anamnese und klinischer Untersuchung zu diagnostizieren, mit 64-72 % gering (Lameris et al., 2010; Laurell et al., 2007; Toorenvliet et al., 2010). Diese geringe Sensitivität bedeutet für fast

jeden dritten Patienten mit einer Divertikulitis, dass diese nicht erkannt wird, wenn nur klinische und laborchemische Untersuchungen zum Einsatz kommen.

### **1.2.5 Bildgebende Diagnostik**

Aufgrund der unzureichend niedrigen Sensitivität der klinischen und laborchemischen Diagnostik allein hat die Bildgebung in der Diagnostik der Divertikulitis einen hohen Stellenwert und sollte stets zum Einsatz kommen (Ambrosetti, 2012; Leifeld et al., 2014; Werner et al., 2003).

Heutzutage haben Schnittbildverfahren den bis in die 1980er Jahre üblichen Barium-Kontrasteinlauf abgelöst (Hulnick et al., 1984; Labs et al., 1988). Dazu kommen für die Divertikulitis im Wesentlichen die Sonographie und die Computertomographie (CT) infrage. Vergleicht man internationale Leitlinien besteht Einigkeit, dass ein bildgebendes Verfahren bei der Diagnostik der Divertikulitis zum Einsatz kommen sollte. Von elf untersuchten Leitlinien sprechen sich zehn für den Einsatz der Computertomographie und neun für den Einsatz von Sonographie aus. Es gibt allerdings verschiedene Ansichten darüber, ob die Sonographie oder die Computertomographie Mittel der ersten Wahl sind. Vier Leitlinien empfehlen die Sonographie, drei davon eine Kombination aus initialer Sonographie und folgender CT-Untersuchung, wenn die Sonographie unsichere Ergebnisse liefert. Sieben Leitlinien empfehlen die CT-Untersuchung in der Primärdiagnostik (Galetin et al., 2018).

Es gibt nur wenige Untersuchungen, die beide Methoden in Hinsicht auf die Diagnose der Divertikulitis direkt vergleichen (Farag Soliman et al., 2004; Pradel et al., 1997). Die beiden genannten kommen zu dem Ergebnis, dass die Sonographie bei einem erfahrenen Untersucher die Divertikulitis mit einer ähnlichen Sensitivität diagnostizieren kann, wie die Computertomographie. Unter idealen Versuchsbedingungen konnten sogar Differentialdiagnosen mit beiden Verfahren gleich gut diagnostiziert werden (Farag Soliman et al., 2004). Auch die Untersuchung von van Randen et al. zeigte, dass erfahrene Untersucher mit mehr als 500 abdominellen Sonographieuntersuchungen eine Divertikulitis mit einer Sensitivität von bis zu 100 % erkennen können (van Randen et al., 2011). Für die Sonographie spricht zweifelsohne auch, dass sie für den Patienten nicht mit einer Strahlenbelastung verbunden ist und so auch wiederholt in der Verlaufsdagnostik eingesetzt werden kann.

Doch die Sonographie hat auch einige erhebliche Nachteile. Sie ist sowohl vom Patienten als auch vom Untersucher extrem abhängig. Adipöse Patienten oder ein Meteorismus können die Diagnostik erschweren oder gar unmöglich machen (Werner et al., 2003). Die Sensitivität der Sonographie ist zudem erheblich von der Erfahrung des Untersuchers abhängig. Untersucher mit weniger als 500 Sonographieuntersuchungen detektierten in der Studie von van Randen et al. lediglich 50 % der Divertikulitis-Fälle (van Randen et al.,

2011). Hinzu kommt, dass die Untersuchung schlecht reproduzierbar ist (Werner et al., 2003). Dies erschwert die Supervision von jüngeren Kollegen durch erfahrenere Kollegen erheblich. Zudem gibt es Lokalisationen, wie etwa das tiefgelegene Sigma, bei der die Divertikulitis selbst einem erfahrenen Untersucher verborgen bleibt (Leifeld et al., 2014). Außerdem können schwere Verläufe und Differentialdiagnosen der Divertikulitis in der Sonographie schlechter dargestellt werden (Pradel et al., 1997).

## **1.3 Computertomographie**

### **1.3.1 Technische Grundlagen**

Die Computertomographie ist ein Verfahren der Schnittbildgebung auf Basis von Röntgenstrahlung. Die zunächst transversalen, zweidimensionalen Schichten stellen Organe und Gewebe überlagerungsfrei dar. Durch Kombination mehrerer Schichten entsteht die dritte Dimension, sodass aus dem gleichen Datensatz auch die Koronar- und Sagittalebene rekonstruiert werden können (Hünerbein, 2017).

Für die Erstellung eines solchen Datensatzes ist es notwendig, dass der Röntgenstrahler den Patienten in einer Ebene umfährt. Dazu besteht das CT-Gerät aus einem Patiententisch, auf dem der Patient gelagert wird, und entlang seiner Längsachse durch die sogenannte Gantry geschoben wird. Die Gantry ist das technische Herzstück des CT-Geräts und ist kreisförmig aufgebaut. In ihr befinden sich der Röntgenstrahler und der Detektor, die beide zeitgleich um den Patienten rotieren. Durch die angewandte Röhrenspannung und das Röhrenstrom-Zeit-Produkt ist die Menge an Strahlung bekannt, die von der Röntgenröhre ausgesendet wird. Der Detektor misst die Menge an Strahlung, die dort noch ankommt, nachdem sie den Patienten durchquert hat. Außerdem sind die Positionen von Röntgenquelle und Detektor zu jedem Zeitpunkt bekannt. Damit sind alle nötigen Parameter gegeben, um ein Bild zu errechnen (Hofer, 2016).

An jedem der Bauteile des CT-Geräts können verschiedene Einstellungen vorgenommen werden, die sich direkt oder indirekt auf die Bildqualität auswirken. Der Röntgenstrahler wird durch die Röhrenspannung und den Röhrenstrom charakterisiert. Dabei gibt die Röhrenspannung die maximale Energie des Stahlspektrums an, das den Strahler verlässt. Der Röhrenstrom bezeichnet die quantitative Menge an Röntgenquanten. Ein hoher Röhrenstrom bedeutet dabei ein geringeres Bildrauschen, aber auch eine höhere Dosisbelastung für den Patienten. Vor der Röntgenquelle und vor dem Detektor lässt sich über Kollimatorblenden die Breite des Stahlenfächers in der Längsachse des Patienten einstellen. Die kleinstmögliche zu rekonstruierende Schicht ergibt sich aus der Einstellung der Kollimatorblenden. An der Gantry lässt sich die Rotationsgeschwindigkeit von Röntgenquelle und Detektoreinheit steuern. Angegeben wird die Zeit, die für eine Umdrehung benötigt wird. Da die meisten CT-Geräte heute mit einer automatischen

Röhrenstrommodulation arbeiten, der Röhrenstrom also bei veränderter Rotationsgeschwindigkeit angepasst wird, hat die Rotationsgeschwindigkeit auf Bildrauschen und Dosisbelastung keinen Einfluss (Riemer, 2019).

Schließlich lässt sich noch einstellen, wie weit der Patiententisch pro Rotation vorgeschoben wird. Bei sehr alten CT-Geräten waren Tischvorschub und Rotation getrennt, d.h. die Aufnahme erfolgte Schicht für Schicht, und zwischen den Aufnahmen wurde der Tisch um eine definierte Strecke vorgeschoben (Tischvorschub). Die heute üblicherweise verwendeten Spiral-CT arbeiten mit einem kontinuierlichen Tischvorschub, während sich die Gantry um den Patienten dreht, sodass um den Patienten eine spiralförmige Bewegung entsteht. Die Form der Spirale ist definiert nach der Formel

$$\text{Pitch} = \frac{\text{Tischvorschub pro Gantryumdrehung (mm)}}{\text{Kollimation (mm)}}$$

Ist der Pitch gleich 1 bedeutet das, dass sich eine Spiralumdrehung bündig an die nächste anschließt. Bei einem Pitch <1 überlappen die Umdrehungen und bei einem Pitch >1 ist die Spirale in Längsrichtung auseinandergezogen, d.h. man erreicht zwar sehr hohe Scangeschwindigkeiten, hat aber keine lückenlose Aufzeichnung.

Verschiedene CT-Geräte lassen sich anhand der Anzahl der Detektoren, die sie in Patientenlängsachse haben, unterscheiden. Während ältere CT-Geräte nur eine Detektorzeile hatten und das Bild Zeile für Zeile akquirieren mussten, haben moderne Multidetektor-CTs bis zu 256 Detektorzeilen parallel geschaltet. Dadurch lassen sich die Scanzeiten stark verkürzen, was auch Bewegungsartefakte erheblich reduziert. Für die Bildrekonstruktion können dabei mehrere Zeilen wieder zusammengefasst werden (Riemer, 2019).

### **1.3.2 Bildrekonstruktion**

Zu Beginn der Bildrekonstruktion stehen die Schwächungsprofile, auch Projektionen genannt. Sie enthalten die gemessene Röntgenstrahlung aus verschiedenen Winkeln der einzelnen Detektorkanäle. Für jeden einzelnen Röntgenstrahl weiß man also, um welchen Betrag er auf seinem Weg durch den Patienten abgeschwächt wurde. Man weiß damit aber noch nicht, an welcher Stelle im Patienten die Schwächung in welchem Maß erfolgt. Diese Ortsauflösung gelingt über eine mathematische Rückprojektion, bei der für jeden Punkt alle durch ihn hindurchlaufenden Röntgenstrahlen aufaddiert werden. So entsteht das Ursprungsbild, das allerdings noch recht unscharf ist (Prokop et al., 2007).

Um ein scharfes Bild zu erzeugen, wird deshalb vorab eine Filterung, auch Faltungskern genannt, vorgenommen, in der mehrere Strahlen zusammengefasst werden. Über eine mathematische Filterung können so Kanten betont oder das Bildrauschen über Glättungsfilter reduziert werden (Prokop et al., 2007). Je nach betrachtetem Gewebe

werden unterschiedliche Faltungskerne eingesetzt. In der Lunge oder bei Knochendarstellungen, wo Hochkontraststrukturen untersucht werden, kann man ein höheres Bildrauschen tolerieren. Hier kommen hochauflösende, kantenbetonende Algorithmen zum Einsatz. Soll Weichteilgewebe dargestellt werden, in dem nur geringe Kontraste zu erwarten sind, kommt ein glättender Faltungskern zur Anwendung, der ein geringes Bildrauschen auf Kosten einer geringeren Ortsauflösung bietet (Riemer, 2019). Da die Bildrekonstruktion im Wesentlichen aus den Schritten der Filterung und der Rückprojektion besteht, spricht man auch von der gefilterten Rückprojektion.

Eine Alternative zu der gefilterten Rückprojektion ist die hybride iterative Rekonstruktion. Ein erstes Rohbild entsteht dabei, wie bei der gefilterten Rückprojektion beschrieben. Um die Unschärfe zu reduzieren, wird das Rohbild mit den gemessenen Rohdaten abgeglichen und ein Korrekturbild erzeugt. Dieses Korrekturbild wird wiederum mit den Rohdaten verglichen. Der Vorgang wird so lange wiederholt (iterare = lateinisch: wiederholen), bis ein scharfes Bild entstanden ist. Gegenüber der gefilterten Rückprojektion entsteht ein Bild mit deutlich reduziertem Bildrauschen, sodass man die erforderliche Dosis um bis zu 40 % reduzieren kann (Hünerbein, 2017). Da die für dieses Verfahren notwendige höhere Rechenleistung heute kein Problem mehr ist, hat sich die iterative Rekonstruktion heute zum Standardverfahren entwickelt.

### **1.3.3 Vor- und Nachteile im Vergleich zur Sonographie**

Ein Nachteil der Computertomographie gegenüber der Sonographie ist die Strahlenbelastung für den Patienten. Eine Verlaufsbeurteilung der Divertikulitis mittels der Computertomographie ist darum nicht möglich, da sie gegen das Strahlenschutzprinzip „As low as reasonably achievable“ (ALARA) (Hendee und Edwards, 1986) verstoßen würde. Auch die häufig notwendige Gabe von intravenösem Kontrastmittel bedeutet für den Patienten eine invasive Maßnahme und kann mit schweren Nebenwirkungen wie allergischen Reaktionen, einer kontrastmittelinduzierten Nephropathie oder Hyperthyreose und dem Risiko eines Paravasats einhergehen (Becker, 2007).

Die Computertomographie bietet jedoch auch viele Vorteile. Sie ist in Deutschland weit verbreitet (OECD Data, 2018) und liefert schnelle, jederzeit ohne Datenverlust reproduzierbare Bilder (Werner et al., 2003).

Eine Divertikulitis zeigt sich in der CT durch die Darstellung von Divertikeln, eine Verdickung der Darmwand, eine Fettgewebsdurchtränkung und in schweren Fällen durch die Darstellung einer Phlegmone, eines Abszesses oder einer Perforation (Buckley et al., 2004; Grützner und Schmid-Tannwald, 2017; Kircher et al., 2002; Prokop et al., 2007). Auf diese Weise lässt sich die Divertikulitis mit einer hohen Sensitivität von 97-99 % und einer Spezifität von 98-99 % diagnostizieren (Kircher et al., 2002; Rao et al., 1998; Werner et al.,

2003). Besonders zur Beurteilung des Schweregrads und zum Erkennen von Abszessen und Fisteln ist die CT gut geeignet. Außerdem eignet sie sich, um eine gegebenenfalls notwendige Operation zu planen. (Leifeld et al., 2014).

Aber auch andere Pathologien des Abdomens lassen sich in der Computertomographie gut abbilden. So konnte die Untersuchung von Eisenberg et al. zeigen, dass sich die Diagnose von Patienten mit unspezifischen abdominellen Schmerzen häufig durch die CT änderte, und die Gefahr, relevante Differentialdiagnosen zu übersehen, minimiert wurde (Eisenberg et al., 2017). Andere Untersuchungen zeigen, dass sich die führende Diagnose bei Patienten mit abdominellen Schmerzen durch die CT bei knapp der Hälfte der Patienten änderte (Abujudeh et al., 2011; Pandharipande et al., 2016) und damit einen maßgeblichen Anteil an der Diagnosefindung hat. Auch die diagnostische Sicherheit der Ärzte erhöhte sich in beiden Untersuchungen durch die CT deutlich. Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass die Computertomographie der Sonographie beim Erkennen von Differentialdiagnosen überlegen ist (Pradel et al., 1997).

Die Herausforderung bei der Diagnostik der Divertikulitis liegt also nicht nur im Erkennen dieser Erkrankung, sondern auch in der Abgrenzung zu einer Vielzahl relevanter Differentialdiagnosen, die sich mit sehr ähnlichen Symptomen äußern können. Dazu zählen vor allem andere gastroenterologische Erkrankungen wie chronisch entzündliche Darmerkrankungen (z.B. M. Crohn), die Appendizitis und das Kolonkarzinom (Stollman und Raskin, 1999). Bei Frauen kommen noch gynäkologische Erkrankungen in Betracht, vor allem Adnexitis, Extrauterin gravidität und Ovarialzysten (Herold, 2017; Stollman und Raskin, 1999). Auch der unklare abdominelle Schmerz ist eine relevante, in einigen Studien sogar die häufigste Differentialdiagnose beim klinischen Verdacht einer Divertikulitis (Fagerstrom et al., 2017; Laurell et al., 2007). Unter unklaren abdominellen Schmerzen (engl. nonspecific abdominal pain (NSAP)) versteht man einen akuten Bauchschmerz, der kürzer als sieben Tage dauert, und für den durch klinische Untersuchung und Basisdiagnostik keine Ursache gefunden werden kann (Morino et al., 2006).

In dieser Arbeit sollen darum die Prävalenz der Divertikulitis und Differentialdiagnosen an einer großen Patientenkohorte dargestellt werden. Zusätzlich soll die diagnostische Genauigkeit der Computertomographie sowohl für die Divertikulitis als auch für relevante Differentialdiagnosen untersucht werden.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Patientenkollektiv

Die Studie wurde bei der zuständigen Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg angemeldet. Aufgrund des retrospektiven Charakters der Studie und der Anonymisierung der Patientendaten war eine Beratung durch die Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg nicht notwendig.

Eingeschlossen wurden ausschließlich Patienten, die zwischen Februar 2009 und Dezember 2017 bei klinischem Verdacht auf eine akute Divertikulitis mittels kontrastmittelgestützter Computertomographie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) untersucht wurden. Weitere Einschlusskriterien waren die Durchführung der Computertomographie innerhalb von 48 Stunden nach Symptombeginn und die Verabreichung intravenösen Kontrastmittels.

Die Gruppe der eingeschlossenen Patienten bestand aus 1069 Patienten. Davon waren 509 Patienten männlich (47,6 %) und 560 weiblich (52,4 %). Das Durchschnittsalter der Patienten betrug  $60,3 \pm 15,1$  Jahre mit einer Altersspanne von 20-98 Jahren. 185 Patienten (17,3 %) waren jünger als 45 Jahre, 586 Patienten (54,8 %) waren zwischen 45-69 Jahre alt und 298 Patienten (27,9 %) älter als 70 Jahre. 933 Patienten (87,3 %) stellten sich über die Notaufnahme vor. Diese werden in dieser Arbeit nachfolgend als externe Patienten bezeichnet. 136 Patienten (12,7 %) waren zum Zeitpunkt der CT-Untersuchung bereits stationär aufgenommen.

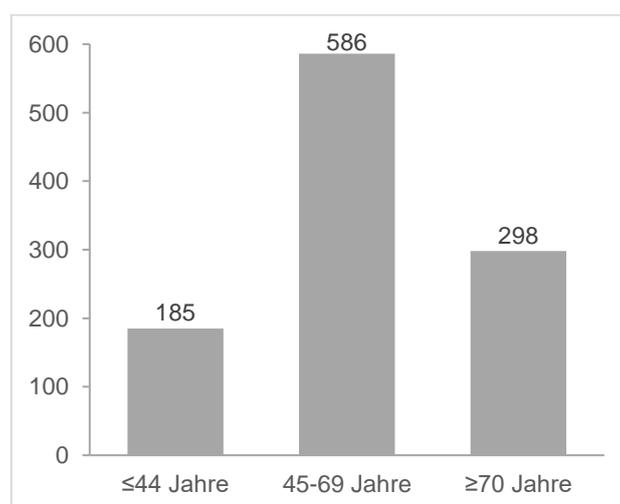


Abbildung 1: Epidemiologische Altersverteilung des Patientenkollektivs

## 2.2 Computertomographie

### 2.2.1 Vorbereitung und Durchführung der Computertomographie

Die folgende Beschreibung orientiert sich an der standardisierten Durchführung einer Computertomographie bei klinischem Verdacht einer Sigmadivertikulitis in der Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Nuklearmedizin des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf (UKE).

Die Anforderung der CT geschah durch den klinisch behandelnden Arzt telefonisch und über das Radiologie-Informationssystem (RIS) unter der Angabe einer spezifischen Fragestellung. Die Indikation zur CT wurde durch den Radiologen geprüft. War die Indikation gegeben, erhielt der Patient eine ausführliche Aufklärung über die anstehende Untersuchung.

Nach Einwilligung zur Untersuchung erhielt der Patient eine Venenverweilkanüle. Sofern diese schon vorhanden war, wurde durch Anspülen überprüft, ob die für die Kontrastmittelgabe benötigte Flussrate von 2 ml/s erreicht werden konnte.

Die Venenverweilkanüle wurde mittels eines Verbindungsschlauchs mit dem Injektor (Medrad®, Stellant, Bayer HealthCare, USA) verbunden, der sich hinter dem Patienten befand. Über diesen wurde das Kontrastmittel (120 ml Imeron 300, Bracco Altana Pharma, Mailand, Italien) automatisch mit einer eingestellten Flussrate von 2 ml/s verabreicht. 90 Sekunden nach der Kontrastmittelgabe erfolgte die Aufnahme der CT-Bilder in der portalvenösen Phase.

Der Patient lag dazu in Rückenlage und mit über dem Kopf gelagerten Armen auf dem CT-Tisch. Anschließend wurde der CT-Tisch isozentrisch in der Gantry positioniert, d.h. der Patient hatte zu Röntgenstrahler und Detektor den gleichen Abstand. Dadurch wurde eine geometrisch korrekte Abbildung im Planungstopogramm sichergestellt. Im Planungstopogramm wurde der Untersuchungsbereich von der Leberkuppe bis zur Leiste festgelegt und die Aufnahme in Inspiration durchgeführt.

### 2.2.2 Geräteparameter

Die Bilder wurden mit einem 256-Zeilen-Multidetektor-CT (Philips Healthcare, Best, Niederlande) generiert. Im Akquisitionsprotokoll wurden folgende Parameter festgelegt: Die Röhrenspannung betrug 120 kV, das effektive Röhrenstrom-Zeit-Produkt 140 Milliampere-sekunden (mAs), die Kollimation 2 x 128 x 0,625mm, die Rotationsgeschwindigkeit 0,33s und der Pitch 0,985. Die Bildrekonstruktion erfolgte mit einem hybriden iterativen Rekonstruktionsalgorithmus (iDose4™; Philips Healthcare, Best, Niederlande) in axialer, koronarer und sagittaler Ebene.

### **2.2.3 Auswertung der Aufnahmen**

Die Aufnahmen wurden im Rahmen des klinischen Alltags von einem Assistenz- oder Facharzt der Radiologie befundet und anschließend von einem Oberarzt mit langjähriger Erfahrung überprüft. Als Kriterien zur Diagnose einer Divertikulitis zählten alle üblichen, in radiologischen Lehrbüchern und der Literatur zu findenden Merkmale, die zusammenfassend von Buckley et al. beschrieben wurden (Buckley et al., 2004). Dazu zählen der direkte Nachweis von Divertikeln, eine Verdickung der Darmwand sowie eine Verdichtung des perikolischen Fettgewebes mit einer vermehrten Durchblutung (Buckley et al., 2004; Grützner und Schmid-Tannwald, 2017; Kircher et al., 2002; Prokop et al., 2007; Tack et al., 2005). Bei ausschließlicher Vorliegen der oben genannten Kriterien wurde die Divertikulitis als unkompliziert bewertet. Kamen Komplikationen wie eine Perforation, ein Abszess oder die Bildung einer Fistel dazu, wurde dies ebenfalls mit in den radiologischen Befund aufgenommen.

## 2.3 Datenerhebung

Die Grundlage dieser Arbeit bildet eine retrospektive Datenerfassung von Patienten, die mit der klinischen Fragestellung einer Divertikulitis eine CT erhalten haben. Es wurden dazu alle Patienten erfasst, bei denen zwischen dem 01.02.2009 und dem 01.12.2017 eine CT mit dem spezifischen Verdacht einer Divertikulitis angemeldet und durchgeführt wurde. Zur Identifikation diente die Volltextrecherche des RIS. Als Suchbegriffe wurden die Wörter „Divertikulitis“ und „Sigmadivertikulitis“ und die Felder „Befund“ und „Fragestellung“ mit dem Booleschen Operator „OR“ verknüpft. Daraus resultierte eine Liste von 2466 Patienten, bei denen in der Fragestellung oder im radiologischen Befund entweder der Begriff Divertikulitis oder Sigmadivertikulitis vorkam. Die Suchkriterien wurden bewusst so breit angelegt, um die Wahrscheinlichkeit, Patienten über die Volltextsuche nicht zu finden, zu minimieren. Jedem Patienten wurde über das RIS eine eindeutige, anonymisierte Fallnummer zugeordnet. Alle für die weitere Statistik relevanten Patientenstammdaten (Geschlecht, CT-Datum, Geburtsdatum, Zuweisungsstatus) waren ebenfalls in dieser Liste enthalten. Die Liste wurde zur weiteren Bearbeitung in Microsoft Excel Professional Plus 2013 (Version 15.0.5101.1002) importiert und Duplikate entfernt.

Die CT-Befunde dieser Patienten wurden im RIS durchgesehen und diejenigen Patienten identifiziert, die die definierten Einschlusskriterien erfüllten. Dazu zählten eine eindeutige Fragestellung bezüglich der Divertikulitis in der CT-Anforderung des behandelnden Arztes, die intravenöse Gabe von Kontrastmittel und die Durchführung der CT in der portalvenösen Phase. Diese Einschlusskriterien erfüllten 1069 Patienten, die für die statistische Auswertung das Kollektiv bildeten.

Von den Patienten wurden neben den Stammdaten die führende CT-Diagnose und die klinisch relevante Entlassdiagnose erfasst. Als führende CT-Diagnose wurde aus dem Originalbefund im RIS die Diagnose gewertet, die die angegebenen klinischen Beschwerden plausibel erklärt. Die klinisch relevante Entlassdiagnose ist die Diagnose, die im Entlassbericht angeführt ist, und sich aus der Zusammenschau sämtlicher diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen während des Krankenhausaufenthalts ergibt. Waren mehr als eine Entlassdiagnose im Entlassbericht angegeben, wurde diejenige gewertet, die in engstem Zusammenhang mit dem durchgeführten CT stand. Die klinische Entlassdiagnose bildet für die weitere statistische Analyse den Referenzstandard. Entlassbericht sowie ggf. weitere Befunde wie Operation (OP)- oder Pathologieberichte wurden retrospektiv aus dem Krankenhausinformationssystem (Soarian Clinicals und Soarian Health Archive, Cerner, USA) entnommen.

Die Datenerfassung erfolgte mit Microsoft Excel Professional Plus 2013 (Version 15.0.5101.1002).

## 2.4 Statistische Auswertung

Alle oben genannten erfassten Daten wurden zur weiteren statistischen Auswertung verwendet. Aus der Differenz zwischen Geburts- und CT-Datum konnte das Alter zum CT-Zeitpunkt errechnet werden. Die Zusammenschau aus CT-Diagnose und Entlassdiagnose ermöglichte die Zuordnung der Bezeichnungen „richtig positiv“, „falsch positiv“, „richtig negativ“ oder „falsch negativ“ für jeden CT-Befund.

Diese Zuordnung wurde getrennt für die Divertikulitis und für Differentialdiagnosen aufgeführt. Aus diesen Zuordnungen konnten jeweils aufgeteilt nach Divertikulitis und Differentialdiagnosen mittels einer Vierfeldertafel Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert, negativer prädiktiver Wert und die Genauigkeit errechnet werden. Die Berechnung der Vierfeldertafel für die Differentialdiagnosen umfasst ausschließlich Patienten ohne Divertikulitis. Zudem wurden Patienten mit einem Harnwegsinfekt ausgeschlossen, da dieser unseres Wissens nach nicht mittels CT diagnostiziert werden kann. Referenzstandard für die Diagnostik von Harnwegsinfekten ist die Urinanalyse (Grabe et al., 2015; Kranz et al., 2017).

Außerdem wurden die Häufigkeiten klinisch relevanter Differentialdiagnosen erfasst, und daraus eine Rangliste erstellt. Anhand der Stammdaten konnte die Gesamtpopulation bezüglich der Merkmale Alter, Geschlecht und Art der Zuweisung in verschiedene Subgruppen unterteilt werden. Für jede dieser Untergruppen wurden die Häufigkeiten relevanter Differentialdiagnosen ermittelt und untereinander auf signifikante Unterschiede untersucht. Dafür kamen der Chi-Quadrat-Test bzw. bei beobachteten Häufigkeiten  $\leq 5$  der exakte Test nach Fisher zum Einsatz. Die Auswertung der häufigsten zehn Einzeldiagnosen in den Altersgruppen erfolgte mit dem Cochran-Armitage Test. Dieser kann bei Kategorien, die sich in eine Reihenfolge bringen lassen, auf Trends testen. Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert  $< 0,5$  definiert. Die Berechnung erfolgte mit der Statistiksoftware SAS (Version 9.4) und Microsoft Excel Professional Plus 2013 (Version 15.0.5101.1002). Für die Berechnung der Konfidenzintervalle der diagnostischen Genauigkeit wurde eine online frei verfügbare Statistiksoftware verwendet (MedCalc Software bvba, 2019).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Prävalenzen von Divertikulitis und Differentialdiagnosen

Eine Übersicht der Prävalenz einer Divertikulitis sowie der alternativen Diagnosen, getrennt nach Organsystem, ist in Tabelle 1 dargestellt. 561/1069 (52,5 %) Patienten wurden mit der finalen Diagnose einer akuten Divertikulitis entlassen. Von diesen wurden 255 im Verlauf operiert, sodass die Diagnose durch das in der Pathologie aufbereitete Resektat gesichert werden konnte. 48 Patienten erhielten im Verlauf eine Koloskopie. 143 wurden in der Nachverfolgung erneut am UKE gesehen, bei 115 erfolgt keine Wiedervorstellung am UKE. Die Nachverfolgung betrug im Mittelwert  $32,3 \pm 25,8$  Monate. Bei 427/1069 Patienten (39,9 %) wurde eine Differentialdiagnose erkannt, sodass insgesamt 988/1069 (92,4 %) Patienten mit einer spezifischen Diagnose entlassen wurden. 81/1069 (7,6 %) Patienten wurden ohne spezifische Diagnose entlassen.

Tabelle 1: Prävalenz nach Organsystem

Entlassdiagnose nach Organsystem	n	%
Divertikulitis	561	52,5 %
Differentialdiagnose nach Organsystem	427	39,9 %
Gastrointestinale Erkrankung	249	23,3 %
Urogenitale Erkrankung	97	9,1 %
Hepatopankreatikobiliäre Erkrankung	29	2,7 %
Vaskuläre Erkrankung (Blutung/Hämatom)	21	2,0 %
Kardiopulmonale Erkrankung	16	1,5 %
Andere	15	1,4 %
keine spezifische Diagnose	81	7,6 %

Unter den Differentialdiagnosen waren gastrointestinale (249/1069; 23,3 %) und urogenitale Erkrankungen (97/1069; 9,1 %) am häufigsten vertreten. Es folgten hepatopankreatikobiliäre (29/1069; 2,7 %), vaskuläre (21/1069; 2 %) sowie kardiopulmonale Erkrankungen (16/1069; 1,5 %). In 15/1069 Fällen (1,4 %) wurden andere Erkrankungen diagnostiziert, die sich keinem der oben genannten Organsysteme zuordnen ließen.

Eine detaillierte Auflistung der spezifischen Entlassdiagnosen ist in Tabelle 2 abgebildet. Nach der Divertikulitis waren Patienten ohne spezifische Entlassdiagnose am häufigsten (81/1069; 7,6 %). Unter den spezifischen Differentialdiagnosen (n=427) war die

Appendizitis mit 54/1069 (5,1 %) aller Patienten am häufigsten vertreten und insbesondere in Relation zu den Patienten ohne Divertikulitis (54/427; 12,6 %). Die zweithäufigste alternative Entlassdiagnose war die infektiöse Kolitis mit 44/1069 (4,1 %) aller Patienten bzw. 44/1069 (10,3 %) aller Patienten mit alternativer Entlassdiagnose. Auf Rang 3 bis 5 folgten die Gastroenteritis mit 35/1069 (3,3 %) aller Patienten bzw. 35/427 (8,2 %) aller Patienten mit alternativer Entlassdiagnose, Urolithiasis mit 26/1069 (2,4 %) bzw. 26/427 (6,1 %) und die Pyelonephritis mit 21/1069 (2,0 %) bzw. 21/427 (4,9 %) aller alternativen Diagnosen. Das Kolonkarzinom war die häufigste neoplastische Differentialdiagnose mit einem Anteil von 10/427 (2,3 %). 47 Patienten wurden mit Diagnosen entlassen, die weniger als drei Mal vorkamen. Diese sind der Anlage 1 zu entnehmen.

Tabelle 2: Spezifische Entlassdiagnosen

<b>Spezifische Entlassdiagnose</b>	<b>n</b>	<b>Anteil gesamt n=1069 (%)</b>	<b>Anteil Differential- diagnosen n=427 (%)</b>
Divertikulitis	561	52,5 %	k.A.
keine Diagnose	81	7,6 %	k.A.
Appendizitis	54	5,1 %	12,6 %
infektiöse Kolitis	44	4,1 %	10,3 %
Gastroenteritis	35	3,3 %	8,2 %
Urolithiasis	26	2,4 %	6,1 %
Pyelonephritis	21	2,0 %	4,9 %
ischämische Kolitis	19	1,8 %	4,4 %
Koprostase	19	1,8 %	4,4 %
Blutung/Hämatom	18	1,7 %	4,2 %
mech. Dünndarmileus	18	1,7 %	4,2 %
Pneumonie	16	1,5 %	3,7 %
Cholezystitis	14	1,3 %	3,3 %
Harnwegsinfekt	14	1,3 %	3,3 %
Appendizitis Epiploica	11	1,0 %	2,6 %
Kolonkarzinom	10	0,9 %	2,3 %
M. Crohn/ Colitis ulcerosa	9	0,8 %	2,1 %
Pankreatitis	8	0,7 %	1,9 %
Tubeoarialabszess	8	0,7 %	1,9 %
Gastroduodenales Ulkus <sup>1</sup>	7	0,7 %	1,6 %
Abdominaler Abszess	6	0,6 %	1,4 %
Dünndarmdivertikulitis	4	0,4 %	0,9 %
infizierte Lymphozele	4	0,4 %	0,9 %
Mesenterialischämie	4	0,4 %	0,9 %
Ovarialkarzinom	4	0,4 %	0,9 %
Spondylodiszitis	4	0,4 %	0,9 %
Adnexitis/Salpingitis	3	0,3 %	0,7 %
<i>Sonstige (Vorkommen ≤2)</i>	<i>47</i>	<i>4,4 %</i>	<i>11,0 %</i>
<b>Summe</b>	<b>1069</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>

<sup>1</sup> Mit Blutung oder Perforation

### 3.1.1 Altersverteilung

Die Gruppe der unter 45-jährigen bestand aus 185 Patienten, die der 45-69-jährigen aus 586 und die der über 70-jährigen aus 298 Patienten. Von den 561 Patienten mit Divertikulitis waren 100 Patienten (17,8 %) jünger als 45 Jahre, 333 Patienten (59,4 %) zwischen 45 und 69 Jahren und 128 Patienten (22,8 %) älter als 70 Jahre.

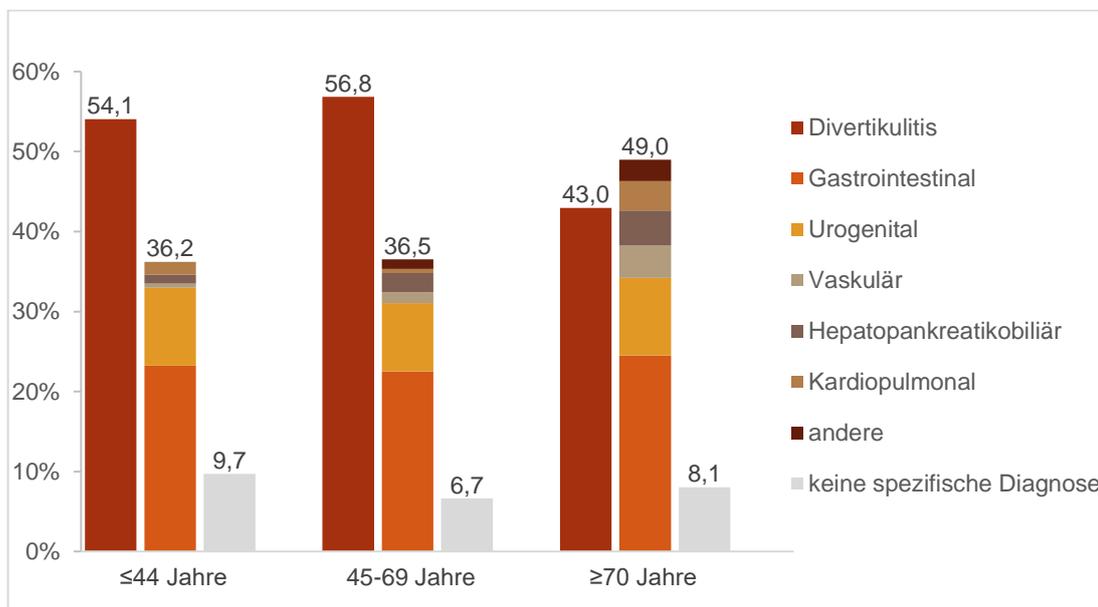


Abbildung 2: Entlassdiagnose nach Organsystem und Altersgruppe

In Abbildung 2 ist die prozentuale Verteilung der Entlassdiagnosen in Abhängigkeit vom Alter zu sehen. Es fanden sich signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ( $p < 0,001$ ).

In der Altersgruppe der über 70-jährigen kommt die Divertikulitis mit 43,0 % gegenüber 54,1 % bei den unter 45-jährigen bzw. 56,8 % bei den 45-69-jährigen signifikant seltener vor ( $p < 0,001$ ). Es überwiegen in dieser Altersgruppe mit 49,0 % die Differentialdiagnosen. Signifikante Unterschiede in der Zusammensetzung der Differentialdiagnosen gab es bei den kardiopulmonalen Erkrankungen ( $p = 0,001$ ) mit 11/298 (3,7 %) bei den über 70-jährigen, verglichen mit 3/185 (1,6 %) bei den Patienten ≤44 Jahre bzw. 3/586 (0,5 %) bei denen zwischen 45-69 Jahre. Auch vaskuläre Erkrankungen waren signifikant häufiger bei über 70-jährigen Patienten (12/298; 4,0 %) im Vergleich zu den ≤44-jährigen (1/185; 0,5 %) und 45-69-jährigen (8/586; 1,4 %) ( $p = 0,008$ ).

Zwischen gastrointestinalen ( $\geq 44$  Jahre: 43/185; 23,2 %. 45-69 Jahre: 132/586; 22,5 %.  $\geq 70$  Jahre: 73/298; 24,5 %), hepatopankreatikobiliären ( $\geq 44$  Jahre: 2/185; 1,1 %. 45-69 Jahre: 14/586; 2,4 %.  $\geq 70$  Jahre: 13/298; 4,4 %) und urogenitalen Erkrankungen ( $\geq 44$  Jahre: 18/185; 9,7 %. 45-69 Jahre: 50/586; 8,5 %.  $\geq 70$  Jahre: 29/298; 9,7 %) gab es keinen

signifikanten Unterschied ( $p > 0,05$ ). Auch die Patienten, die ohne spezifische Diagnose entlassen wurden, unterschieden sich nicht hinsichtlich der Altersverteilung ( $\geq 44$  Jahre: 18/185; 9,7 %. 45-69 Jahre: 39/586; 6,7 %.  $\geq 70$  Jahre: 24/298; 8,1 %.  $p = 0,362$ ).

In Tabelle 3 sind die zehn häufigsten spezifischen Differentialdiagnosen jeweils getrennt für die drei Altersgruppen dargestellt. Der Cochran-Armitage Test zeigte signifikante Unterschiede in den Altersgruppen für die zehn häufigsten Entlassdiagnosen ( $p < 0,001$ ).

In der Altersgruppe der  $\leq 44$ -jährigen waren die Appendizitis (10/185; 5,4 %), Gastroenteritis (8/185; 4,3 %), infektiöse Kolitis (7/185; 3,8 %) und Urolithiasis (7/185; 3,8 %) am häufigsten vertreten. Weitere unter den zehn häufigsten Diagnosen waren Appendizitis epiploica, Koprostase (jeweils 5/185; 2,7 %), Morbus Crohn und Colitis ulcerosa (4/185; 2,2 %), Harnwegsinfekte, Pneumonien (jeweils 3/185; 1,6 %) und Adnexitis (2/185; 1,1 %).

Eine ähnliche Verteilung zeigte sich bei den 45-69-jährigen. Als häufigste Diagnosen fanden sich auch hier die Appendizitis (37/586; 6,3 %), infektiöse Kolitis (27/586; 4,6 %), Gastroenteritis (18/586; 3,1 %) und Urolithiasis (16/586; 2,7 %). Weitere unter den zehn häufigsten Diagnosen in dieser Altersgruppe waren in absteigender Reihenfolge der mechanische Dünndarmileus (12/586; 2,0 %), Pyelonephritis (10/586; 1,7 %), ischämische Kolitis (8/586; 1,4 %), eine Blutung bzw. ein Hämatom, Pankreatitis und ein Tubovarialabszess (jeweils 6/586; 1,0 %).

Die in der Altersgruppe der  $\geq 70$ -jährigen aufgetretenen Diagnosen unterschieden sich von denen in den jüngeren Altersgruppen. Die drei häufigsten Diagnosen waren Blutungen/Hämatome, ischämische Kolitis und Pneumonie (jeweils 11/289; 3,7 %). Eine infektiöse Kolitis wurde bei 10/289 (3,4 %) Patienten diagnostiziert und Gastroenteritis, Koprostase und Pyelonephritis bei jeweils 9/289 (3 %) Patienten. Weiterhin befanden sich unter den zehn häufigsten Diagnosen Cholezystitiden, Harnwegsinfekte (jeweils 8/298; 2,7 %) und das Kolonkarzinom sowie die Appendizitis (jeweils 7/298; 2,3 %).

Tabelle 3: Zehn häufigste spezifische Differentialdiagnosen in den drei Altersgruppen

<b>≤44 Jahre (n=185)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>45-69 Jahre (n=586)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>≥70 Jahre (n=298)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Appendizitis	10	5,4 %	Appendizitis	37	6,3 %	Blutung/ Hämatom	11	3,7 %
Gastroenteritis	8	4,3 %	infektiöse Kolitis	27	4,6 %	ischämische Kolitis	11	3,7 %
infektiöse Kolitis	7	3,8 %	Gastroenteritis	18	3,1 %	Pneumonie	11	3,7 %
Urolithiasis	7	3,8 %	Urolithiasis	16	2,7 %	infektiöse Kolitis	10	3,4 %
Appendizitis Epiploica	5	2,7 %	mech. Dünndarmileus	12	2,0 %	Gastroenteritis	9	3,0 %
Koprostase	5	2,7 %	Pyelonephritis	10	1,7 %	Koprostase	9	3,0 %
M. Crohn/ Colitis ulcerosa	4	2,2 %	ischämische Kolitis	8	1,4 %	Pyelonephritis	9	3,0 %
Harnwegsinfekt	3	1,6 %	Blutung/Hämatom	6	1,0 %	Cholezystitis	8	2,7 %
Pneumonie	3	1,6 %	Pankreatitis	6	1,0 %	Harnwegsinfekt	8	2,7 %
Adnexitis/ Salpingitis	2	1,1 %	Tuboovarialabszess	6	1,0 %	Kolonkarzinom	7	2,3 %
<i>Sonstige</i>	13	7,0 %	<i>Sonstige</i>	68	11,6 %	<i>Sonstige</i>	53	17,8 %
<b>Summe</b>	<b>67</b>	<b>36,2 %</b>	<b>Summe</b>	<b>214</b>	<b>36,5 %</b>	<b>Summe</b>	<b>146</b>	<b>49,0 %</b>

### 3.1.2 Geschlecht

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,319$ ) in der Prävalenz der Divertikulitis zwischen Männern (259/509, 50,9 %) und Frauen (302/560, 53,9 %). Von allen Divertikulitispatienten waren 53,8 % weiblich (302/561).

In der Altersgruppe der  $\leq 44$ -jährigen überwog der Anteil der betroffenen Männer mit 63 %. In der mittleren Altersgruppe waren Männer in 46 % und Frauen in 54 % der Fälle betroffen. In der Gruppe der über 70-jährigen waren zwei Drittel der Patienten weiblich (66 %) und ein Drittel männlich (34 %) (siehe Abbildung 3).

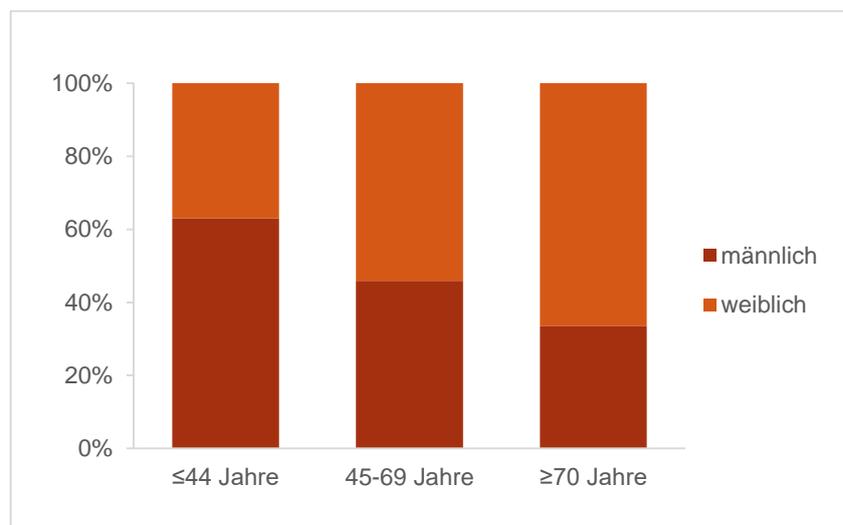


Abbildung 3: Alters- und geschlechtsabhängige Verteilung der Patienten mit Divertikulitis

In Abbildung 4 sind die Entlassdiagnosen nach Organsystem jeweils getrennt für Männer und Frauen dargestellt. Bei Männern ( $n=509$ ) wurde in 259/509 (50,9 %) eine Divertikulitis und in 214/509 (42,0 %) der Fälle eine Differentialdiagnose diagnostiziert. 36/509 (7,1 %) der Männer wurden ohne eine spezifische Diagnose entlassen. Bei den Frauen konnte bei 302/560 (53,9 %) eine Divertikulitis und bei 213/560 (38,0 %) eine Differentialdiagnose diagnostiziert werden. In 45/560 (8 %) der Fälle konnte keine die Beschwerden erklärende Diagnose gefunden werden. Die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Prävalenz der Divertikulitis und einer nicht spezifischen Diagnose waren nicht signifikant ( $p>0,05$ ).

Bezüglich der Differentialdiagnosen traten hepatopankreatikobiläre Erkrankungen bei Männern (24/509; 4,7 %) signifikant häufiger auf als bei Frauen (5/560, 0,9 %) ( $p<0,001$ ). Innerhalb der Gruppe der hepatopankreatikobilären Erkrankungen entfiel bei Männern ein Großteil der Erkrankungen auf die Cholezystitis (13/24; 54,1 %) und Pankreatitis (6/24; 25,0%). Alle anderen Differentialdiagnosen wiesen keine signifikanten Unterschiede auf ( $p>0,5$ ). Auch hinsichtlich der Patienten ohne Entlassdiagnose gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen ( $p=0,552$ ).

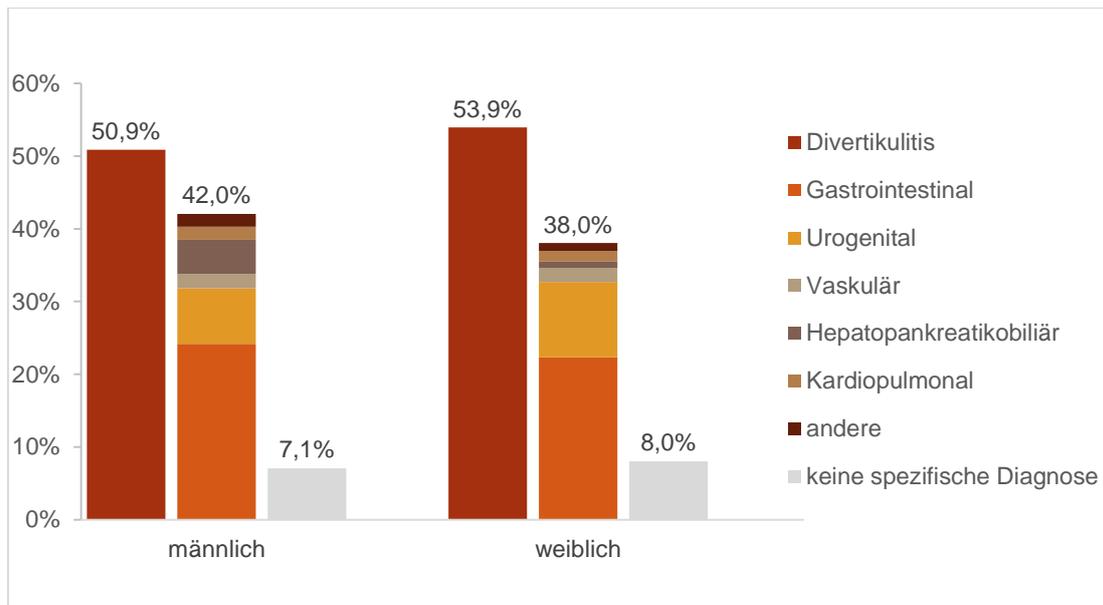


Abbildung 4: Entlassdiagnose nach Organsystem und Geschlecht

Die jeweils zehn häufigsten spezifischen Entlassdiagnosen in Abhängigkeit vom Geschlecht finden sich in Tabelle 4.

Sowohl bei Männern als auch bei Frauen waren eine Appendizitis (Männer 33/509; 6,5 %; Frauen 21/560; 3,8 %) und infektiöse Kolitis (Männer 4,5 %; Frauen 3,8 %) die häufigsten alternativen Diagnosen. Bei Männern waren in absteigender Reihenfolge Urolithiasis (18/509; 3,5 %), Gastroenteritis (15/509; 2,9 %) und Cholezystitis (13/509; 2,6 %) als weitere alternative Diagnosen zu finden. Bei Frauen waren nach Appendizitis und infektiöser Kolitis Gastroenteritis (20/560; 3,6 %), ischämische Kolitis und Pyelonephritis (jeweils 15/560; 2,7 %) am häufigsten.

Im Vergleich der zehn häufigsten Diagnosen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern ( $p=0,022$ ). Die Diagnosen Urolithiasis, Cholezystitis und Appendizitis epiploica waren bei Männern häufiger als bei Frauen (Männer: 3,5 %, 2,6 % und 1,8 %; Frauen: 1,4 %, 0,2 % und 0,4 %). Ischämische Kolitis, Pyelonephritis und der Harnwegsinfekt waren hingegen bei Frauen häufiger (Frauen: 2,7 %, 2,7 % und 1,6 %; Männer: 0,8 %, 1,2 % und 1,0 %).

Auf die zehn häufigsten Entlassdiagnosen der Männer entfielen 144/509 (28,3 %) aller Diagnosen. Die übrigen 70 Männer mit alternativer Diagnose (70/509; 13,8 %) verteilten sich auf 33 weitere unterschiedliche Krankheitsbilder. Bei den Frauen machten die zehn häufigsten Differentialdiagnosen 139/560 (24,8 %) aller Krankheitsbilder aus. Die übrigen alternativen Diagnosen 74/560 (13,2 %) verteilten sich ebenfalls auf 33 weitere unterschiedliche Krankheitsbilder.

Tabelle 4: Zehn häufigste spezifische Differentialdiagnosen nach Geschlecht

<b>Männer (n=509)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>Frauen (n=560)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Appendizitis	33	6,5 %	Appendizitis	21	3,8 %
infektiöse Kolitis	23	4,5 %	infektiöse Kolitis	21	3,8 %
Urolithiasis	18	3,5 %	Gastroenteritis	20	3,6 %
Gastroenteritis	15	2,9 %	ischämische Kolitis	15	2,7 %
Cholezystitis	13	2,6 %	Pyelonephritis	15	2,7 %
Koprostase	10	2,0 %	mech. Dünndarmileus	12	2,1 %
Appendizitis Epiploica	9	1,8 %	Blutung/Hämatom	9	1,6 %
Blutung/Hämatom	9	1,8 %	Harnwegsinfekt	9	1,6 %
Pneumonie	8	1,6 %	Koprostase	9	1,6 %
mech. Dünndarmileus	6	1,2 %	Tuboovarialabszess	8	1,4 %
<i>Sonstige</i>	<i>70</i>	<i>13,8 %</i>	<i>Sonstige</i>	<i>74</i>	<i>13,2 %</i>
<b>Summe</b>	<b>214</b>	<b>42,0 %</b>	<b>Summe</b>	<b>213</b>	<b>38,1 %</b>

### 3.1.3 Zuweisungsstatus

Die Prävalenz der Divertikulitis der externen Patienten (511/933, 54,8 %) war signifikant höher als die der stationären Patienten (50/136, 36,8 %) ( $p < 0,001$ ).

Die Verteilung der Entlassdiagnosen nach Organsystemen ist in Abbildung 5 in Abhängigkeit vom Zuweisungsstatus (extern vs. stationär) dargestellt. 933 Patienten wurden mit dem klinischen Verdacht einer Divertikulitis über die Notaufnahme für eine CT Untersuchung angemeldet und untersucht. Die übrigen 136 Patienten waren zum Zeitpunkt der CT aufgrund anderer Erkrankungen stationär aufgenommen. Es zeigten sich signifikante Unterschiede in der Prävalenz der Divertikulitis und der alternativen Diagnosen bei stationären und externen Patienten. Die Prävalenz der Divertikulitis war bei externen Patienten (511/933; 54,8 %) häufiger als bei stationären Patienten (50/136; 36,8 %) ( $p < 0,001$ ). Bei stationären Patienten konnte signifikant häufiger keine Diagnose gestellt werden (18/136; 13,2 %) als bei externen Patienten (63/933, 6,8 %) ( $p = 0,008$ ).

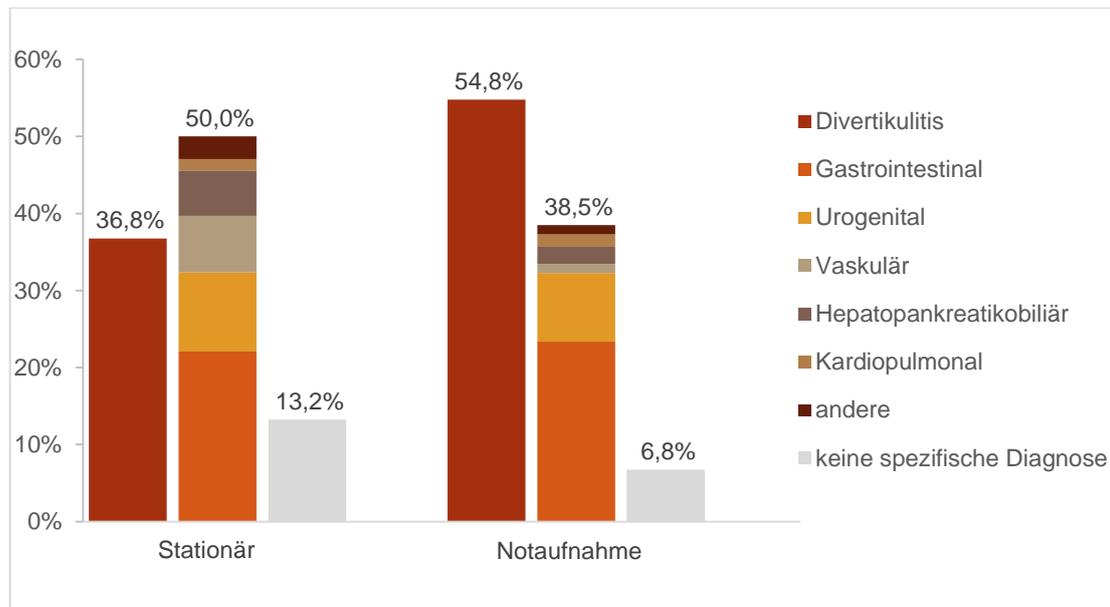


Abbildung 5: Entlassdiagnose nach Organsystem und Zuweisungsstatus

In der Subanalyse der Organsysteme stellten sich Unterschiede für hepatopankreatikobiliäre und vaskuläre Erkrankungen dar. Beide waren bei stationären Patienten signifikant häufiger (hepatopankreatikobiliär, stationär: 8/136; 5,9 %. extern: 21/933; 2,3 %.  $p=0,023$  // vaskulär, stationär: 10/136; 7,4 %. extern 11/933; 1,2 %.  $p<0,001$ )

Signifikante Unterschiede finden sich auch bezüglich der spezifischen Entlassdiagnosen ( $p=0,016$ ). Eine Blutung oder ein Hämatom war die häufigste alternative Diagnose bei stationären Patienten (9/136; 6,6 %), wohingegen sie bei den externen Patienten mit 9/933 (1,0%) nicht zu den zehn häufigsten Diagnosen gehörte. Auch die Cholezystitis, als zweithäufigste alternative Diagnose stationärer Patienten (6/136; 4,4%), gehörte nicht zu den zehn häufigsten Diagnosen der externen Patienten (8/933; 0,9 %). Häufigste alternative Diagnose bei externen Patienten war die Appendizitis mit 49/933 (5,3 %), gefolgt von der infektiösen Kolitis (39/933; 4,2 %) und Gastroenteritis mit 32/933 (3,4 %). Appendizitis und Gastroenteritis wurden bei externen Patienten häufiger diagnostiziert als bei stationären Patienten (Appendizitis 5/136; 3,7%; Gastroenteritis 3/136; 2,2 %). Die Häufigkeit von infektiöser Kolitis war in beiden Gruppen ähnlich (extern: 39/933; 4,2 % // stationär: 5/136; 3,7 %).

Tabelle 5: Zehn häufigste spezifische Differentialdiagnosen in Abhängigkeit vom Zuweisungsstatus: stationär vs. extern (Notaufnahme)

<b>Stationär (n=136)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>extern (n=933)</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Blutung/Hämatom	9	6,6 %	Appendizitis	49	5,3 %
Cholezystitis	6	4,4 %	infektiöse Kolitis	39	4,2 %
Appendizitis	5	3,7 %	Gastroenteritis	32	3,4 %
infektiöse Kolitis	5	3,7 %	Urolithiasis	25	2,7 %
ischämische Kolitis	5	3,7 %	Pyelonephritis	19	2,0 %
Koprostase	4	2,9 %	mech. Dünndarmileus	16	1,7 %
Gastroenteritis	3	2,2 %	Koprostase	15	1,6 %
Harnwegsinfekt	3	2,2 %	ischämische Kolitis	14	1,5 %
Abdominaler Abszess	2	1,5 %	Pneumonie	14	1,5 %
mech. Dünndarmileus	2	1,5 %	Appendizitis Epiploica	11	1,2 %
<i>Sonstige</i>	24	17,6 %	<i>Sonstige</i>	125	13,4 %
<b>Summe</b>	<b>68</b>	<b>50,0 %</b>	<b>Summe</b>	<b>359</b>	<b>38,5 %</b>

### 3.1.4 Patienten ohne eindeutige Diagnose

Bei 81 der 1069 Patienten (7,6 %) konnte keine spezifische Diagnose gestellt werden.

Hierbei zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den stationären (18/136; 13,2 %) und externen (63/933; 6,8 %) Patienten ( $p=0,008$ ).

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Abhängigkeit vom Geschlecht oder Alter der Patienten (Männer: 36/509; 7,1 %; Frauen: 45/560; 8,0 %;  $p=0,552$  //  $\leq 44$  Jahre: 18/185; 9,7 %. 45-69 Jahre: 39/586; 6,7 %.  $\geq 70$  Jahre: 24/298; 8,1 %;  $p=0,362$ ).

### 3.2 Diagnostische Genauigkeit für Divertikulitis und Differentialdiagnosen

Die Vierfeldertafel für die Berechnung der Genauigkeit, Sensitivität, Spezifität sowie des positiven und negativen prädiktiven Wertes für die Divertikulitis und alternative Diagnosen ist in Tabelle 6 dargestellt. Die hieraus errechneten Werte sind in Tabelle 7 abgebildet.

Tabelle 6: Vierfeldertafel für Divertikulitis und Differentialdiagnosen

		Divertikulitis			Differentialdiagnose		
		Positiv	Negativ	Summe	Positiv	Negativ	Summe
CT	Positiv	556	1	<b>557</b>	396	1	<b>397</b>
	Negativ	5	507	<b>512</b>	17	80	<b>97</b>
	<b>Summe</b>	<b>561</b>	<b>508</b>	<b>1069</b>	<b>413</b>	<b>81</b>	<b>494</b>

Von den 561 diagnostizierten Divertikulitiden wurden 556 im CT richtig erkannt. Das entspricht einer Sensitivität von 99,11 %. 507 von 508 Patienten ohne Divertikulitis wurden im CT als richtig negativ bewertet was zu einer Spezifität von 99,80 % führt. Die Genauigkeit betrug 99,44 %. Die sich ergebenden positiven und negativen prädiktiven Werte waren 99,82 % und 99,02 %.

Tabelle 7: Statistische Gütekriterien des diagnostischen Tests

	Divertikulitis		Differentialdiagnosen	
	%	(95 %-KI)	%	(95 %-KI)
Sensitivität	99,11 %	(97.9-99.7 %)	95,88 %	(93,5-97,6 %)
Spezifität	99,80 %	(98.9-100 %)	98,77 %	(93,3-100,0 %)
Positiv prädiktiver Wert	99,82 %	(98.7-100 %)	99,75 %	(98,3-100,0 %)
Negativ prädiktiver Wert	99,02 %	(97.7-99.6 %)	82,47 %	(74,7-88,2 %)
Genauigkeit	99,44 %	(98.8-99.8 %)	96,36 %	(94,3-97,8 %)

In der Vierfeldertafel der Differentialdiagnosen (Tabelle 6, rechts) sind ausschließlich Patienten ohne Divertikulitis. Zudem wurden die 14 Patienten, bei denen ein unterer Harnwegsinfekt diagnostiziert wurde von der Berechnung ausgeschlossen, da unkomplizierte Harnwegsinfekte in der Regel in der CT nicht nachzuweisen sind.

Bei 396/413 Patienten mit einer Differentialdiagnose war die CT-Diagnose richtig positiv (Sensitivität=95,88 %). 80/81 Patienten wurden in der CT-Diagnose richtig negativ erkannt

(Spezifität von 98,77 %). Die Genauigkeit betrug entsprechend 96,36 %. Der positiv prädiktive Wert betrug 99,75 % und der negativ prädiktive Wert 82,47 %. Abbildung 6 zeigt Beispiele für richtig positive sowie falsch negative und falsch positive CT-Befunde bei Patienten mit klinischem Verdacht auf eine Divertikulitis.

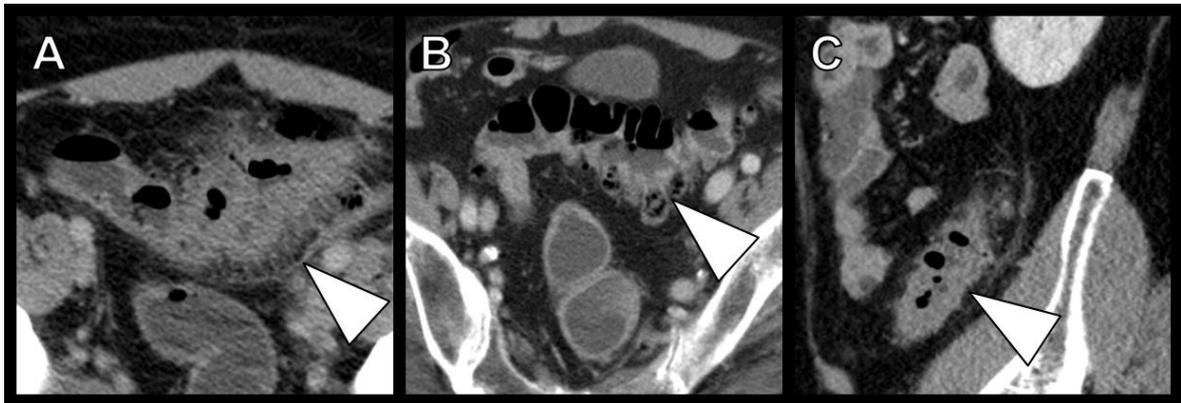


Abbildung 6: Kontrastmittelgestützte CT mit axialen Schichten (A und B) sowie einer koronaren Rekonstruktion (C) bei drei verschiedenen Patienten mit klinischem Verdacht einer Divertikulitis. A: Richtig positiver Befund einer perforierten Divertikulitis. B: Falsch negativer Befund einer reizlosen Divertikulose bei der sich in der Koloskopie eine akute Divertikulitis darstellte. C: Falsch positiver Befund bei parakolischer Imbibierung als Zeichen einer Divertikulitis. Der Patient wurde im Anschluss an die CT operiert und die histologischen Untersuchung ergab den abschließenden Befund einer Divertikulose ohne floride Entzündungsreaktion.

Abbildung modifiziert nach (Weinrich et al., 2020)

Unter den fünf falsch negativen Patienten mit der Entlassdiagnose Divertikulitis wurden im CT-Befund je einmal der Verdacht auf ein Sigmakarzinom, auf eine Appendizitis und auf einen gastrointestinalen Stromatumor sowie zweimal keine pathologischen Auffälligkeiten genannt. Bis auf einen Patienten mit einem unauffälligen CT-Befund wurden alle falsch negativen Patienten aufgrund ihres klinischen Verlaufs operiert, sodass die Entlassdiagnose der Divertikulitis bei 4/5 Patienten histopathologisch aus dem Operationsresektat gesichert werden konnte. Der nicht operierte Patient erhielt die Entlassdiagnose Divertikulitis aufgrund der Zusammenschau klinischer und laborchemischer Parameter.

Abbildung 7 zeigt zwei Beispiele für falsch negative CT-Befunde hinsichtlich der Diagnose der akuten Divertikulitis. In beiden Fällen wurden in der Bildgebung alternative Diagnosen zur akuten Divertikulitis vermutet.

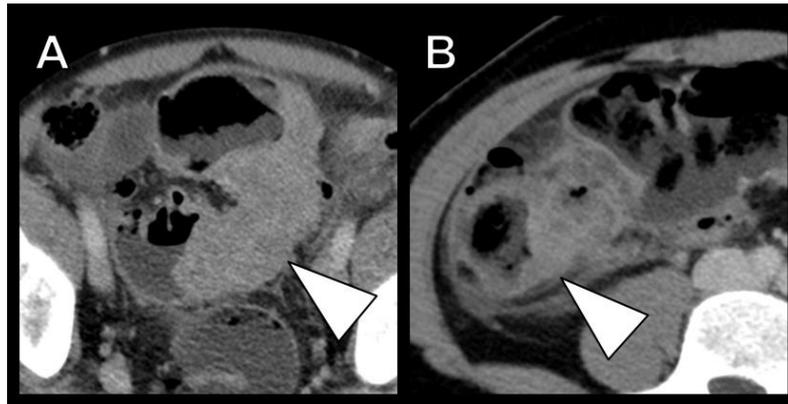


Abbildung 7: Beispiele für falsch negative CT-Befunde in Bezug auf die Diagnose der Divertikulitis. A: 69-jähriger Patient, bei der in der CT der Verdacht auf ein Sigma-Karzinom gestellt wurde. Im histopathologischen Befund des Operationsresektats zeigte sich eine Divertikulitis ohne Anhalt für Malignität. B: 32-jährige Patientin mit dem Verdacht auf eine Appendizitis in der CT. Der Operationsbefund zeigte eine perforierte Divertikulitis.

Abbildung modifiziert nach (Weinrich et al., 2020)

Im Bereich der Differentialdiagnosen gab es ebenfalls einen falsch positiven CT-Befund. Dieser ist in Abbildung 8 dargestellt. Hier wurde der Verdacht auf eine Kolitis gestellt, wobei differentialdiagnostisch auch ein Malignom in Erwägung gezogen wurde. In der nachfolgenden Koloskopie konnte lediglich eine reizlose Divertikulose erkannt werden. Die 17 falsch negativen CT-Befunde hinsichtlich einer alternativen Diagnose unterteilten sich in 6 Gastroenteritiden, drei Pneumonien, zwei gastroduodenale Ulcera sowie jeweils einfach: Appendiziditis, Cholangitis, Dünndarmdivertikulitis, ischämische Kolitis, Spondylodiszitis und Urolithiasis.

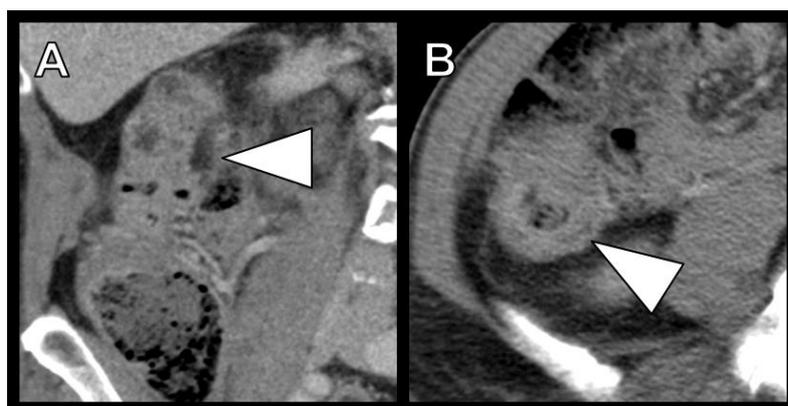


Abbildung 8: Falsch-positiver CT-Befund für Divertikulitis. 76-jähriger Patient. A: koronarer Schnitt, B: axialer Schnitt. Eine Divertikulitis konnte koloskopisch ausgeschlossen werden.

Beispiele richtig positiver alternativer Diagnosen der CT sind in Abbildung 9 dargestellt.

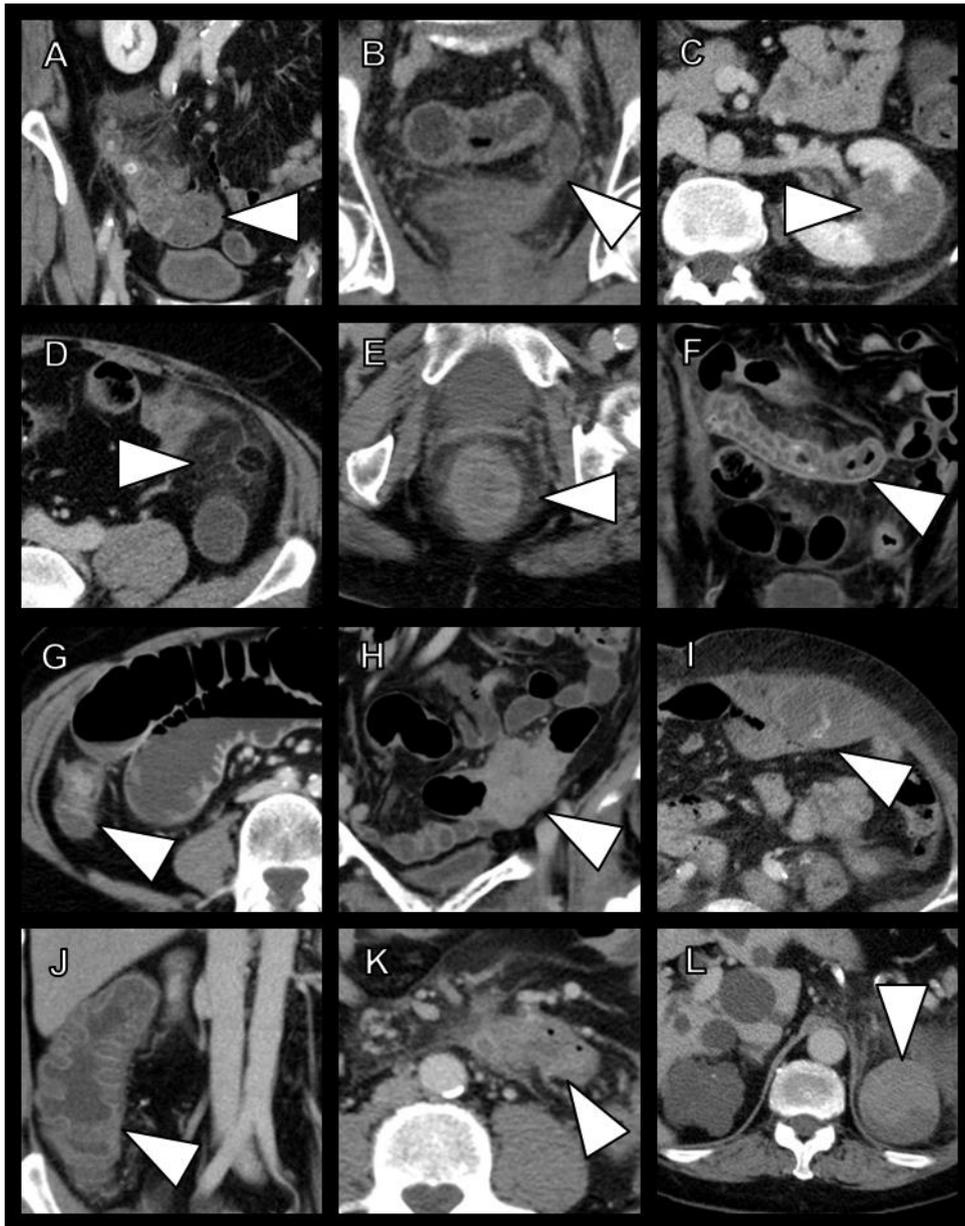


Abbildung 9: Beispiele von im CT gefundenen Differentialdiagnosen bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis. A: Appendizitis bei einer 60-jährigen Patientin. B: Urothelkarzinom mit Harnverhalt bei einem 76-jährigen Patienten. C: Pyelonephritis bei einer 38-jährigen Patientin. D: Appendizitis epiploica bei einer 51-jährigen Patientin. E: Proktitis bei einer 82-jährigen Patientin. F: Ileitis terminalis bei einem 45-jährigen Patienten. G: Dünndarmileus bei Anastomosenstenose bei Zustand nach Ileozökalresektion bei einer 49-jährigen Patientin. H: Kolorektales Karzinom bei einer 70-jährigen Patientin. I: Rektusscheidenhämatom mit aktiver Blutung bei einer 73-jährigen Patientin. J: Infektiöse Kolitis bei einem 50-jährigen Patienten. K: Dünndarmdivertikulitis bei einem 59-jährigen Patienten. L: eingeblutete Nierenzyste bei einem 73-jährigen Patienten mit polyzystischer Nierenerkrankung.

Abbildung modifiziert nach (Weinrich et al., 2020)

## 4 Diskussion

### 4.1 Prävalenzen von Divertikulitis und Differentialdiagnosen

Diese Arbeit konnte anhand von 1069 Patienten zeigen, dass sich der klinische Verdacht einer akuten Divertikulitis nach einer CT-Untersuchung nur in 561/1069 (52,5 %) der Fälle bestätigte. 427/1069 Patienten (39,9 %) wurden mit einer alternativen Diagnose entlassen und bei 81/1069 (7,6 %) Patienten konnte keine spezifische Diagnose gestellt werden. Insbesondere konnte der hohe diagnostische Stellenwert der Computertomographie sowohl in der Diagnostik der Divertikulitis als auch für eine Vielzahl von Differentialdiagnosen gezeigt werden. Die Prävalenz von Divertikulitis und von Differentialdiagnosen unterschied sich hierbei in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Zuweisungsstatus.

#### 4.1.1 Altersverteilung

100/185 Patienten (54,1 %), die jünger als 45 Jahre waren, wurden mit der Diagnose Divertikulitis entlassen. Der jüngste von ihnen war 28 Jahre alt. Am häufigsten kam die Divertikulitis in der Altersgruppe der 45-69-jährigen vor. 333/586 (56,8 %) der 45-69-jährigen wurden mit einer Divertikulitis entlassen. In der Altersgruppe der Patienten  $\geq 70$  Jahre fanden sich signifikant weniger Patienten mit einer Divertikulitis. Nur 128/298 (43,0 %) aller Patienten, die mit dem Verdacht auf eine Divertikulitis eine CT bekamen, wurden am Ende auch mit dieser Diagnose entlassen.

Unsere Studie konnte Ergebnisse früherer Studien bestätigen und zeigen, dass die Divertikulitis nicht mehr ausschließlich als Erkrankung älterer Menschen anzusehen ist (Etzioni et al., 2009; Hupfeld et al., 2018). Zum anderen zeigen unsere Ergebnisse, dass bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis insbesondere bei Patienten  $\geq 70$  Jahre in 146/298 (49,0 %) der Fälle eine alternative Erkrankung diagnostiziert wird.

Die niedrige Sensitivität einer klinischen Diagnose in der Altersgruppe der  $\geq 70$ -jährigen interpretieren wir als multikausal. Bereits die Anamneseerhebung kann durch eingeschränkte Hörfähigkeit oder altersbedingte geistige Einschränkungen erschwert sein (Leuthauser und McVane, 2016). In der Literatur ist beschrieben, dass ältere Patienten häufig eine atypische Präsentation von Symptomen aufweisen (Leuthauser und McVane, 2016; Magidson und Martinez, 2016). Dieses Phänomen wird vor allem durch physiologische Vorgänge des Alterns erklärt. Fieber und ein Anstieg von Entzündungszellen im Blut sind aufgrund einer verminderten Immunantwort weniger ausgeprägt oder können ganz fehlen (Magidson und Martinez, 2016). Außerdem ist die Schmerzwahrnehmung im Alter eingeschränkt, was häufig zu einer verspäteten Diagnose führt (McCleane, 2008). Weiterhin nehmen ältere Patienten aufgrund steigender

Multimorbidität oft eine Vielzahl von Medikamenten ein, die durch ihre Wirkungen und Nebenwirkungen die klinische Untersuchung bei abdominellen Schmerzen zusätzlich erschweren können, da wegweisende Symptome maskiert werden (Magidson und Martinez, 2016).

Die Kenntnis, dass die klinische Diagnose der Divertikulitis bei älteren Patienten noch schwieriger als im Gesamtkollektiv ist, hat möglicherweise zu einer erhöhten Rate an angeforderten CT-Untersuchungen durch die behandelnden Ärzte der Notaufnahme beigetragen. Dies könnte die niedrige Sensitivität bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis für Patienten  $\geq 70$  Jahre erklären.

Die niedrighschwellige Anforderung einer CT-Untersuchung bei älteren Patienten wird von Millet et al empfohlen, die vorschlagen, bei  $>75$ -jährigen Patienten mit akuten abdominellen Schmerzen routinemäßig eine native CT-Untersuchung des Abdomens durchzuführen. Ihre Empfehlung basiert darauf, dass sie durch die Anwendung systematischer CT-Untersuchungen des Abdomens in dieser Altersgruppe die richtige Diagnosestellung von 76,8 % auf 85 % erhöhen konnten. Bei 30 % aller Patienten wurde zudem durch die CT eine relevante und klinisch vorher nicht vermutete abdominelle Pathologie erkannt (Millet et al., 2017).

Anders als in den beiden jüngeren Gruppen überwiegen in der ältesten Altersgruppe die Differentialdiagnosen. Insbesondere kardiopulmonale und vaskuläre Erkrankungen traten bei  $\geq 70$ -jährigen häufiger auf. Die hohe Relevanz der kardiopulmonalen Erkrankungen war in unserer Kohorte vor allem durch den hohen Anteil an Pneumonien begründet. Insbesondere die Unterlappenpneumonie kann gerade bei älteren Menschen auch abdominelle Symptome verursachen (Magidson und Martinez, 2016). Die Pneumonie scheint also insbesondere für ältere Patienten mit dem klinischen Verdacht auf eine Divertikulitis eine relevante Differentialdiagnose zu sein. Die Pneumonien wurden anteilig schon im Planungstopogramm gesehen und auch in den basalen Lungenabschnitten miterfasst. Pneumonien sind ein häufiger Zufallsbefund in Topogrammen, die für eine CT-Untersuchung eines ganz anderen Organsystems erstellt wurden (Groth et al., 2015).

Da die Pneumonie bei älteren Patienten einer der häufigsten Gründe für eine erhöhte Morbidität und Mortalität (Faverio et al., 2014) ist, kann man aus unseren Ergebnissen ableiten, dass bei älteren Patienten mit abdominellen Schmerzen ohne CT-graphisch abzugrenzende Divertikulitis eine ergänzende Röntgen-Thorax-Aufnahme als erweiterte Diagnostik sinnvoll sein kann.

Vaskuläre Erkrankungen, im Wesentlichen Blutungen und Hämatome, waren die zweite Erkrankungsgruppe, die bei Patienten  $\geq 70$  Jahre signifikant häufiger als bei jüngeren Patienten war. Von insgesamt 18 Blutungen entfielen 11 (61,1 %) auf  $\geq 70$ -jährige Patienten.

Ein naheliegender Zusammenhang ist die erhöhte Einnahme von Antikoagulantien und das damit verbundene Blutungsrisiko im Alter. Magidson und Martinez berichten, dass 25 % der über 75-jährigen Antikoagulantien einnehmen (Magidson und Martinez, 2016). Allerdings müsste sich unter dieser theoretischen Annahme auch ein erhöhter Anteil an gastrointestinalen Blutungen finden, was wir nicht bestätigen konnten (Gastroduodener Ulkus mit Blutung oder Perforation bei 0,5 % der  $\leq 44$ -jährigen und jeweils 0,7 % der 45-69-jährigen und der  $\geq 70$ -jährigen). Letztlich ist diese Frage mit den vorliegenden Daten aufgrund nicht ausreichender Datenlage nur unzureichend erklärbar.

Die wichtigste Differentialdiagnose der Divertikulitis ist das Kolonkarzinom (Ben Yaacoub et al., 2011). In dem untersuchten Patientenkollektiv betrug die Prävalenz 10/1069 (0,9 %). Damit liegt die von uns beobachtete Prävalenz unter der in zwei Metaanalysen bzw. systematischen Reviews beschriebenen Prävalenz für das Vorliegen koloskopisch entdeckter Kolonkarzinome bei Patienten mit akuter Divertikulitis. Die gepoolte Prävalenz für das Auftreten eines Kolonkarzinoms nach CT-graphischer Diagnose einer Divertikulitis wird in diesen Studien mit 1,9 % bzw. 2,1 % angegeben (Meyer et al., 2018; Sai et al., 2012). Durch einen fehlenden Referenzstandard in Form einer Operation oder Koloskopie bei 115 Patienten bleibt zu diskutieren, ob Karzinome in diesem Teil des Kollektivs unentdeckt geblieben sind und deshalb die Prävalenz im Vergleich zu den genannten Referenzarbeiten niedriger ausgefallen ist. Auf der anderen Seite konnte gezeigt werden, dass unter den 446 Patienten, deren Divertikulitis histologisch, koloskopisch oder in der Nachverfolgung gesichert war, kein einziger Fall eines falsch negativen CT-Befundes hinsichtlich des Kolonkarzinoms vorlag, so dass anzunehmen ist, dass unsere Zahlen hinsichtlich der Prävalenz des Kolonkarzinoms verlässlich sind.

In der Altersgruppe der  $\geq 70$ -jährigen war das Kolonkarzinom mit 2,3 % unter den häufigsten zehn Entlassdiagnosen vertreten, und stellte damit die häufigste maligne Erkrankung dar. Sieben der insgesamt zehn entdeckten Kolonkarzinome (70 %) fielen in diese Altersgruppe. Kein Patient mit einem diagnostizierten Kolonkarzinom war jünger als 57 Jahre. Unsere Studie bestätigte damit die bekannte, im Alter zunehmende Prävalenz des Kolonkarzinoms. Vor dem 50. Lebensjahr kommt das Kolonkarzinom kaum vor, das mittlere Alter bei Diagnosestellung ist in Industrienationen 70 Jahre (Brenner et al., 2014).

Divertikulitis und Kolonkarzinom lassen sich im CT nicht immer sicher auseinander halten, da es Überschneidungen in der CT-graphischen Darstellung beider Krankheitsbilder gibt (Ben Yaacoub et al., 2011). Eine Beteiligung des Darms von mehr als 10 cm Länge und

eine perikolische Entzündung sind eher typisch für eine Divertikulitis, die Darstellung von perikolischen Lymphknoten und eine lokal begrenzte intraluminale Raumforderung (<5 cm) sprechen eher für ein Kolonkarzinom (Chintapalli et al., 1999; Prokop et al., 2007). Die eindeutige Differenzierung zwischen beiden Krankheitsbildern gelingt jedoch nur in etwa 50 % der Fälle (Ben Yaacoub et al., 2011; Chintapalli et al., 1999; Prokop et al., 2007). Die amerikanische Leitlinie der American Gastroenterological Association empfiehlt deswegen routinemäßig den koloskopischen Ausschluss eines Kolonkarzinoms nach dem akuten Schub einer Divertikulitis. Die Evidenz zu dieser Empfehlung ist allerdings gering und somit die Kosten-Nutzen-Abwägung einer absoluten Empfehlung fraglich (Stollman et al., 2015). Einige Autoren empfehlen die Durchführung einer routinemäßigen Kontrollkoloskopie, weil sie bei Patienten mit Divertikulitis eine höhere Prävalenz des Kolonkarzinoms fanden als in der Normalbevölkerung. Besonders hoch war die Prävalenz des Kolonkarzinoms unter den Patienten die eine komplizierte Divertikulitis, d.h. einen Abszess, eine Perforation oder eine Fistel hatten (Lau et al., 2011). Einige Autoren schlagen deswegen vor, Kontrollkoloskopien nur bei Patienten mit komplizierter Divertikulitis durchzuführen (Ou et al., 2015; Sallinen et al., 2014; Suhardja et al., 2017). Meyer et al. führen in ihrer Metaanalyse die erhöhte Rate an Kolonkarzinomen unmittelbar nach komplizierter Divertikulitis vor allem auf Fehlinterpretation in der CT-Bildgebung zurück. Demnach würden schon bestehende Kolonkarzinome fälschlicherweise als komplizierte Divertikulitis interpretiert (Meyer et al., 2018). Es gilt jedoch hierbei zu beachten, dass gemäß den aktuellen Leitlinien für die Behandlung einer Divertikulitis die Mehrheit der Fälle mit komplizierter Divertikulitis ohnehin unmittelbar operiert wird, wenn eine konservative Therapie nicht zum Behandlungserfolg führt (Galetin et al., 2018; Leifeld et al., 2014).

Da die Prävalenz des Kolonkarzinoms in der ältesten Altersgruppe dieser Arbeit deutlich höher als in der Gesamtkohorte ist, denken wir, dass insbesondere ältere Patienten von einer Kontrollkoloskopie profitieren könnten. Ähnliche Schlussfolgerungen ziehen auch Choi et al., die aufgrund ihrer Studie eine Koloskopie insbesondere für Patienten über 50 Jahre empfehlen (Choi et al., 2014). Die hohe diagnostische Genauigkeit der CT ein Kolonkarzinom auszuschließen (kein falsch negativer Patient) und die insgesamt niedrige Prävalenz von 0 % in der Altersgruppe der ≤44-jährigen und 0,5 % in der Altersgruppe der 45-69-jährigen legen nahe, dass eine Kontrollkoloskopie in diesen Altersgruppen bei unkomplizierter Divertikulitis routinemäßig nicht erforderlich ist.

Unsere Studie konnte zeigen, dass in verschiedenen Altersgruppen verschiedene Diagnosen auftreten. Insbesondere die Altersgruppe der über 70-jährigen unterscheidet sich von den jüngeren Altersgruppen. Die Appendizitis, die in den jüngeren Altersgruppen von den spezifischen Diagnosen die relevanteste Differentialdiagnose war, ist in der ältesten Altersgruppe gerade noch unter den zehn häufigsten Differentialdiagnosen zu

finden. Dass die Appendizitis eher jüngere Menschen betrifft, prinzipiell aber in jedem Lebensalter auftreten kann, ist aus der Literatur bekannt. In einer aktuellen Arbeit zur Demographie von Patienten mit einer Appendizitis in den USA betrug das mittlere Erkrankungsalter 41,3 Jahre (Horn et al., 2018).

#### **4.1.2 Geschlecht**

Der Anteil an betroffenen Frauen war mit 53,8 % geringer als in anderen Studien (Cammarota et al., 2018; Etzioni et al., 2009; Hupfeld et al., 2018; Schnitzbauer et al., 2016). Hier wird mit einem Anteil von bis zu 60 % betroffener Frauen ein deutlich größerer geschlechtsbezogener Unterschied beschrieben.

In unserer Studie waren die geschlechtsbezogenen Prävalenzen der Divertikulitis in den verschiedenen Altersgruppen unterschiedlich. Von den jüngeren Patienten hatten vermehrt Männer eine Divertikulitis. Diese Beobachtung aus unserer Studie deckt sich mit den Ergebnissen früherer Studien (Annibale et al., 2012; Tanase et al., 2015; Warner et al., 2007).

Die Tatsache, dass die Divertikulitis im Alter zunimmt und dies besonders Frauen betrifft, könnte auch den insgesamt erhöhten Anteil an Frauen in unserem Patientenkollektiv erklären.

Interessanterweise scheint die asymptomatische Divertikulose bei beiden Geschlechtern gleich oft aufzutreten (De Cecco et al., 2016; Storz et al., 2019). Wenn sich diese Beobachtung in weiteren Studien bestätigt, lässt das den Schluss zu, dass Frauen aus einer asymptomatischen Divertikulose öfter eine Divertikulitis entwickeln. Als mögliche Ursache dafür nennen Jovani et al. den Einfluss weiblicher Sexualhormone. Sie fanden ein erhöhtes Divertikulitisrisiko bei Frauen, die postmenopausal das Hormon Östrogen oder ein Kombinationspräparat aus Östrogen und Progesteron einnahmen. Pathophysiologisch diskutieren sie ihr Ergebnis mit dem Einfluss, den Hormone auf Mikrobiom und Permeabilität der Darmschleimhaut haben könnten (Jovani et al., 2019).

Insgesamt ist die Datenlage zur Pathophysiologie der verschiedenen Prävalenzen bei den Geschlechtern jedoch unklar und bedarf weiterer Forschung.

Hepatopankreatikobiläre Erkrankungen waren bei Männern in unseren Patientenkollektiv deutlich häufiger als bei Frauen. In allen anderen nach Organsystem ausgewerteten Kategorien fanden sich keine signifikanten Unterschiede. Der große Anteil der hepatopankreatikobilären Erkrankungen ist vor allem auf die Krankheitsbilder der Cholezystitis und Pankreatitis zurückzuführen. Dieses Ergebnis ist zunächst widersprüchlich zu Angaben in der gängigen Literatur. Sowohl die Cholezystitis als auch die Pankreatitis sind Krankheitsbilder in deren Genese Gallensteine eine wichtige Rolle

spielen. Da diese bei Frauen bis zu viermal häufiger auftreten (Schirmer et al., 2005) konnten frühere Studien auch ein vermehrtes Auftreten der Cholezystitis und Pankreatitis bei Frauen feststellen (Dua et al., 2013; Wadhwa et al., 2017; Yadav und Lowenfels, 2006).

Im weiteren Vergleich der Einzeldiagnosen zeigte sich zudem, dass Appendizitis epiploica und Urolithiasis bei Männern häufiger waren als bei Frauen. Diese Beobachtungen decken sich mit in früheren Studien beschriebenen Prävalenzen. Die Appendizitis epiploica tritt bei Männern bis zu viermal häufiger als bei Frauen auf (Schnedl et al., 2011). Auch das Krankheitsbild der Urolithiasis ist bei Männern häufiger als bei Frauen beschrieben (Sorokin et al., 2017). In Deutschland sind etwa zwei- bis dreimal so viele Männer von Harnsteinen betroffen wie Frauen (Knoll et al., 2011).

Bei Frauen traten hingegen Harnwegsinfekte und Pyelonephritis häufiger auf als bei Männern. Auch diese Beobachtung deckt sich mit den in der Literatur beschriebenen Prävalenzen (Czaja et al., 2007).

#### **4.1.3 Zuweisungsstatus**

Wir konnten in unserer Studie zeigen, dass die Divertikulitis bei externen Patienten, signifikant häufiger vorkommt, als bei bereits wegen anderer Erkrankungen stationärer Patienten. Dies ist wenig überraschend, da die Divertikulitis als ein akutes Krankheitsbild bekannt ist, das häufig zu Vorstellungen in der Notaufnahme oder im ambulanten Bereich führt (Bollom et al., 2017; Hupfeld et al., 2018). Bei Patienten, die sich mit gastrointestinalen Beschwerden in der Notaufnahme vorstellen, ist die Divertikulitis die sechsthäufigste Diagnose überhaupt (Peery et al., 2012b).

Bei den Patienten mit alternativen Diagnosen fanden sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen externen und bereits stationären Patienten. Stationäre Patienten hatten häufiger vaskuläre und hepatopankreatikobiläre Erkrankungen. Ebenfalls waren Patienten, bei denen keine Diagnose gestellt werden konnte, häufiger stationär. Bei den vaskulären Erkrankungen war eine Blutung bzw. ein Hämatom das häufigste Krankheitsbild, bei den hepatopankreatikobilären Erkrankungen stellte die Cholezystitis den Großteil der Erkrankungen dar. Der Vergleich von externen und stationären Patienten beinhaltet jedoch inhärente Verzerrungen. Externe Patienten stellen eher den Bevölkerungsdurchschnitt dar, wohingegen die stationären Patienten eine stark vorselektierte Gruppe sind. Die Zusammensetzung der stationären Patienten ist von den vertretenen Fachabteilungen und Spezialisierungen des jeweiligen Krankenhauses abhängig. Das UKE als universitäres Klinikum der Maximalversorgung hat ein überdurchschnittlich schwer erkranktes Patientenkontingent sowie beispielhaft eine große allgemeinchirurgische Abteilung mit Schwerpunkten der Leber- und Pankreaschirurgie und das universitäre Herz- und Gefäßzentrum. Dies könnte den hohen Anteil an Blutungen und

hepatopankreatikobilären alternativen Diagnosen bei stationären Patienten erklären. Eine Übertragung unserer Ergebnisse auf andere, insbesondere periphere Krankenhäuser ist deswegen nur eingeschränkt möglich und bedürfte weiterer Subanalysen, auf die jedoch aufgrund der niedrigen Fallzahl stationärer Patienten verzichtet wurde. Auch der signifikant erhöhte Anteil von stationären Patienten, die ohne alternative Diagnose entlassen wurden, sollte kritisch hinsichtlich einer Verzerrung betrachtet werden. Ein Patient, der stationär aufgenommen war, und aufgrund von abdominellen Schmerzen mit dem Verdacht einer Divertikulitis mittels CT untersucht wurde, wurde von uns der Gruppe „keine Diagnose“ zugeordnet, wenn der CT-Befund einem unauffälligen postoperativem Ergebnis entsprach.

#### **4.1.4 Patienten ohne eindeutige Diagnose**

Bei 81/1069 aller Patienten (7,6 %) konnte trotz klinischer Untersuchung, Bildgebung und weiterführender Diagnostik im Beobachtungszeitraum keine Ursache für die abdominelle Symptomatik gefunden werden. Ein klinisch etablierter Begriff für diese Konstellation ist der unklare Bauchschmerz (engl. Nonspecific abdominal pain (NSAP)) (Morino et al., 2006). Wir gehen davon aus, dass diese Diagnose auf die Patienten zutrifft, für die sonst keine Diagnose etabliert werden konnte.

Im Vergleich zu früheren Studien ist der Anteil an Patienten mit unklaren abdominellen Schmerzen in unserem Patientenkollektiv niedrig. Werner et al. untersuchten in einer prospektiven Studie 120 Patienten mit dem klinischen Verdacht einer Divertikulitis. Unter diesen Patienten wurden 18,4 % ohne spezifische Diagnose entlassen (Werner et al., 2003). Auf ein ähnliches Ergebnis kommt die Studie von Rao et al. mit 15 % (Rao et al., 1998). Tack et al. beschreiben in ihrer Studie sogar, dass 45 % der Patienten mit klinischem Verdacht einer Divertikulitis ohne eine spezifische Diagnose entlassen wurden (Tack et al., 2005).

Trotz des im Vergleich zu Literaturwerten geringen Anteils an Patienten mit unklaren abdominellen Schmerzen bleibt „keine Diagnose“ mit 81 Patienten die insgesamt zweithäufigste „Diagnose“ nach der Divertikulitis selbst. In einer aktuellen finnischen Studie wurden retrospektiv Daten von 1418 externen Patienten mit akuten abdominellen Schmerzen ausgewertet. Es konnte gezeigt werden, dass Patienten mit unspezifischen abdominellen Schmerzen ein Drittel aller nicht-traumatischer Bauchschmerzen ausmachten. Entsprechend waren unspezifische abdominelle Schmerzen über den gesamten Untersuchungszeitraum die relevanteste Differentialdiagnose bei akuten abdominellen Schmerzen (Fagerstrom et al., 2017). Auf ähnliche Zahlen kommt auch eine italienische Studie, die 5340 externe Patienten mit akuten abdominellen Schmerzen untersuchte. Unspezifische abdominelle Schmerzen waren mit 31 % die häufigste Ursache für akuten Bauchschmerz (Cervellin et al., 2016). Anders als Fagerstrom et al. und Cervellin

et al. schlossen Eisenberg et al. nur externe Patienten in ihre Untersuchung ein, die mit akuten abdominellen Schmerzen systematisch mittels CT untersucht wurden. Entsprechend war der Anteil an Patienten die mit unspezifischen abdominellen Schmerzen entlassen wurden mit 120/544 (22 %) geringer als in den Studien ohne systematische CT-Untersuchung (Eisenberg et al., 2017).

Angesichts der großen Relevanz unklarer abdomineller Schmerzen als Differentialdiagnose zur Divertikulitis muss auch die angewandte Strahlenbelastung für den Fall einer CT-Untersuchung in Betracht gezogen werden. Ein Grundprinzip des Strahlenschutzes besagt, dass so wenig Strahlung wie vernünftigerweise nötig angewandt werden sollte (englisch: as low as reasonable achievable =ALARA-Prinzip) (Hendee und Edwards, 1986). Entsprechend wäre es wünschenswert, Patienten mit unspezifischen abdominellen Schmerzen schon vor der CT zu selektieren, da diese nicht von der Untersuchung profitieren. Bislang gibt es oft jedoch keine Assoziation zwischen vor der CT bekannten Patientenfaktoren wie Alter und Geschlecht und der Diagnose der unspezifischen abdominellen Schmerzen. Sogar bei Patienten, die mit dem initialen Verdacht NSAP eine CT erhalten, ändert sich dieser initiale Verdacht durch die CT bei 38 % der Patienten (Eisenberg et al., 2017). Auch Erkenntnisse aus der klinischen Untersuchung wie Übelkeit und Erbrechen oder eine isoliert rechtsseitige Lokalisation des Druckschmerzes lassen zwar eine Vermutung von unklaren abdominellen Schmerzen zu, haben aber insgesamt eine niedrige Sensitivität von 43 % (Laurell et al., 2007). Einen Vorschlag, die Strahlenbelastung der CT des Abdomens zu reduzieren erbrachten Broder et al basierend auf Ergebnissen einer prospektiv durchgeführten Studie. Sie untersuchten, ob eine Beschränkung des Scanbereichs auf die Region des Druckschmerzes ausreicht, um alle relevanten Differentialdiagnosen zu erfassen. Sie konnten zeigen, dass auf diese Weise zwar eine Dosisersparung von etwa 70 % möglich war, jedoch wurden nur noch 33 % aller klinisch relevanten Pathologien erkannt. Aufgrund dieser unzulässig hohen Fehldiagnoserate kann eine Beschränkung des CT-Scanbereichs auf den klinisch determinierten Ort des Druckschmerzes nicht empfohlen werden (Broder et al., 2010). Eine CT des gesamten Abdomens inklusive des Beckens kann demgegenüber über 90 % aller Differentialdiagnosen detektieren (Stromberg et al., 2007). Auch unsere Untersuchung stützt diese Ergebnisse, da 92,7 % aller Differentialdiagnosen mittels CT erkannt wurden.

Gerade in Anbetracht der niedrigen Sensitivität klinischer Untersuchungen für die Diagnostik der Divertikulitis (Lameris et al., 2010; Laurell et al., 2007; Toorenvliet et al., 2010) in Zusammenschau mit der niedrigen Sensitivität der klinischen Untersuchung, unspezifische abdominelle Schmerzen als Diagnose zu sichern, unterstützen unsere Ergebnisse den Einsatz der CT bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis.

## 4.2 Diagnostische Genauigkeit

Unsere Studie konnte zeigen, dass die CT in der Lage ist, sowohl die Divertikulitis als auch relevante Differentialdiagnosen mit einer hohen Sensitivität und Spezifität zu detektieren. Die Sensitivität betrug für Divertikulitis und Differentialdiagnosen 99,11 % bzw. 95,88 % und die Spezifität 99,80 % bzw. 98,77 %.

Die hohe Sensitivität und Spezifität und Genauigkeit von jeweils knapp 100 % für die Detektion der Divertikulitis mittels der CT sind ausreichend aus der Literatur bekannt (Ambrosetti et al., 2000; Kircher et al., 2002; Rao et al., 1998; Tack et al., 2005; Werner et al., 2003). Auch der positive prädiktive Wert (PPV) und negative prädiktive Wert (NPV) lagen für die Divertikulitis jeweils bei knapp 100 %.

Die Sensitivität, Spezifität, PPV und Genauigkeit für alternative Diagnosen war mit jeweils über 90 % ebenfalls hoch. Lediglich der NPV für alternative Diagnosen war im Vergleich der übrigen Werte mit 82,47 % niedriger. Der NPV gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Patient mit einem negativen Testergebnis auch tatsächlich gesund ist. Der vergleichsweise niedrige Wert in unserer Beobachtung erklärt sich durch die relativ hohe Anzahl falsch negativer CT-Befunde (17/97). Betrachtet man diese jedoch im Detail, fällt auf, dass es sich oftmals um Diagnosen handelt, die mittels CT nicht zu erfassen sind. Sechs von siebzehn Patienten mit einem falsch negativen CT-Befund wurden mit der Diagnose der Gastroenteritis entlassen. Anamnese, körperliche Untersuchung und ggf. Erregerdiagnostik bilden die Grundpfeiler der Diagnostik dieser Erkrankung. Die CT sollte hier nicht regelhaft, sondern in ausgewählten Einzelfällen durchgeführt werden (Hagel et al., 2015). Die Diagnose kann oftmals schon nach der klinisch gängigen Stufendiagnostik auf Basis von Anamnese, körperlicher Untersuchung und Laborwerten gestellt werden. Somit hat die erweiterte Diagnostik, insbesondere die CT einen niedrigen Stellenwert. In Zusammenschau mit dem retrospektiven Charakter unserer Studie lässt sich der niedrige NPV vorrangig auf nicht im CT abzugrenzende und ausreichend klinisch zu diagnostizierende Krankheitsbilder erklären.

Die Genauigkeit der CT zur Detektion von Differentialdiagnosen betrug in unserer Untersuchung 96,36 % bei einer Sensitivität von 95,88 % und einer Spezifität von 98,77 %. Vergleicht man diese Werte mit ähnlichen Studien in der Literatur findet sich eine große Spannbreite von angegebenen Sensitivitäten. Diese reicht von 50 % (Pradel et al., 1997), über 71 % (Werner et al., 2003), 78 % (Rao et al., 1998) 87 % (Cho et al., 1990) und 89 % (Farag Soliman et al., 2004) bis zu 100 % (Tack et al., 2005). Innerhalb dieser Spanne liegt die von uns beobachtete Sensitivität im oberen Bereich. Dies könnte zum einen daran liegen, dass sich die Bildqualität seit dem Erscheinen der genannten Studien verbessert hat. Erst der technologische Fortschritt und eine immer größer werdende Rechenleistung

machten die Einführung von iterativen Rekonstruktionsverfahren möglich (Hünerbein, 2017). Im Vergleich zur davor üblichen gefilterten Rückprojektion vermindert sich das Bildrauschen erheblich, was bei gleicher Strahlendosis zu einer deutlich besseren Bildqualität führt. Diese erleichtert die Interpretation der zu befundenen Bilder und führt zu einer größeren diagnostischen Sicherheit (Laqmani et al., 2016).

Auch im Hinblick auf die genannten Differentialdiagnosen finden sich große Schwankungen und z.T. scheinbare Widersprüche im Vergleich zur gängigen Literatur, was vor allem an der geringen Patientenzahl existierender Studien ( $n=110-150$ ) liegt (Rao et al., 1998; Tack et al., 2005; Werner et al., 2003). Die häufigsten spezifischen Differentialdiagnosen in unserer Studie waren Appendizitis, infektiöse Kolitis und Gastroenteritis. Die Ergebnisse sind der Studie von Werner et al. am ähnlichsten, in der Gastroenteritis, Appendizitis und Harnwegsinfektionen als häufigste alternative Diagnosen genannt werden (Werner et al., 2003). Rao et al. beschreibt hingegen Ileus, Appendizitis epiploica und die Cholezystitis als häufigste drei Differentialdiagnosen (Rao et al., 1998) und in der Arbeit von Tack et al. führen Urolithiasis, Ovarialzysten und entzündliche Darmerkrankungen die Liste an (Tack et al., 2005). Betrachtet man in den jeweiligen Arbeiten die absoluten Fallzahlen der meistgenannten Diagnosen, wird deutlich, warum die Ranglisten der häufigsten Diagnosen solch starken Schwankungen unterworfen sind. Die häufigste Diagnose, der Ileus aus der Studie von Rao et al., ist mit gerade einmal sieben Fällen vertreten. In den anderen beiden Studien kommen die erstgenannten Diagnosen nur fünf oder bei Werner et al. sogar nur dreimal vor. Das macht auch ein Ranking der Diagnosen untereinander schwierig, da es fast keine Abstufungen gibt, und einzelne zufällige Schwankungen große Auswirkungen auf die Rangliste haben.

Deutlich wird aus diesen Studien auch, wie dringend notwendig eine Arbeit ist, die die Bandbreite aller möglichen Differentialdiagnosen und ihre Prävalenz anhand einer großen Fallzahl darstellt. Die Entlassdiagnosen der in dieser Arbeit untersuchten Daten von 1069 Patienten verteilten sich auf 25 verschiedene Erkrankungen, die mindestens dreimal vertreten waren, sowie 38 weitere Diagnosen ( $n \leq 2$ ). Entsprechend leistet diese Arbeit einen Beitrag dazu, dass die Bandbreite möglicher alternativer Diagnosen bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis detailliert abgebildet werden kann.

Insgesamt finden sich alle in der vorhandenen Literatur genannten Diagnosen in unserer Rangliste wieder (Rao et al., 1998; Tack et al., 2005; Werner et al., 2003). Durch die unseres Wissens erstmalige Analyse eines derart großen Patientenkollektivs, das mit dem spezifischen klinischen Verdacht einer Divertikulitis mittels CT untersucht wurde, ist es somit erstmals möglich, belastbare Prävalenzen alternativer Diagnosen für diese

Patientengruppe anzugeben. Damit liefert diese Arbeit eine wichtige Ergänzung zur bereits bestehenden Literatur.

Der im klinischen Alltag tätige Arzt profitiert von dieser Arbeit vorrangig in drei Punkten: Erstens wird vermittelt welche Differentialdiagnosen bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis häufig vorkommen. Zweitens wird die große Bandbreite teils auch seltener alternativer Diagnosen dargestellt. Drittens konnte unsere Studie neben der bekannten Sensitivität und Spezifität für die Diagnostik der Divertikulitis auch zeigen, dass eine Vielzahl an alternativen Diagnosen mit hoher Genauigkeit erkannt wird.

### **4.3 Limitationen**

Unsere Studie hat mehrere Einschränkungen. Aufgrund des retrospektiven Charakters standen nur die bereits im Krankenhausinformationssystem erfassten Daten zur Verfügung.

Die wohl größte Limitation hängt mit unserem uneinheitlichen Referenzstandard zusammen. Die Entlassdiagnose kann sich aus einer Vielzahl von Faktoren, wie beispielsweise dem klinischen Verlauf des Patienten oder Operationen, zusammensetzen und der kausale Zusammenhang ist nicht immer zwingend aus den Entlassberichten nachvollziehbar. Insbesondere ist anzunehmen, dass in vielen Fällen die zu testende Diagnostik (CT) und Referenzstandard (Entlassdiagnose) nicht unabhängig voneinander sind. Entsprechend ist anzunehmen, dass die in der CT erhobene Diagnose seitens des behandelnden Arztes der Referenzstandard ist.

Eine ausschließlich klinische Diagnose ohne histologische Sicherung des Befundes oder Verlaufsuntersuchung betrifft in unserer Studie jedoch nur eine Minderheit (115/561; 20,5 %) der Patienten mit Divertikulitis. Diese mögliche Verzerrung wurde wissend gebilligt, um das Spektrum der Patienten mit Divertikulitis realistischer abbilden zu können, als dies der Fall wäre, wenn man eine histologische Diagnosesicherung als Einschlusskriterium gewählt hätte.

Eine vollständigere Nachverfolgung der Patienten hätte in einer Region mit einer geringeren Krankenhausdichte besser erreicht werden können. In der Metropolregion Hamburg mit einer Vielzahl an Krankenhäusern und niedergelassenen Ärzten steht es den Patienten frei, sich im Verlauf auch anderswo vorzustellen, wo die medizinischen Daten für uns für die weitere Nachverfolgung nicht mehr zugänglich sind.

Unsere Studie zeichnet sich durch ihre große Fallzahl aus. Durch die dafür benötigte große Menge an manuell erfassten Daten können einzelne Fehler nicht sicher ausgeschlossen werden, zumal die Daten nur von einer Person erhoben und nicht alle im Einzelnen

nachkontrolliert werden konnten. Die Struktur der Datenbank ermöglichte jedoch ein systematisches Überprüfen von inhaltlichen Widersprüchen, die dann erneut überprüft und behoben wurden. Auf diese Weise wurde eine ausreichende Fehlerfreiheit gewährleistet, die frei von systematischen Fehlern ist.

Um in dieser Studie Aussagen zu den verschiedenen Untergruppen Alter, Geschlecht und Zuweisungsstatus treffen zu können, mussten wir den gleichen Datensatz multipel testen. Damit erhöht sich auch die Wahrscheinlichkeit, eine statistische Falschaussage zu machen (Victor et al., 2010). Wir haben die p-Werte lediglich im Einzelnen betrachtet, was in der Gesamtaussagekraft gegenüber einer p-Wert-Gesamt Betrachtung deutlich eingeschränkt ist (Victor et al., 2010). Die Angabe aller ermittelten p-Werte ermöglicht es dem Leser dennoch, sich ein differenziertes Gesamtbild über die erhobenen Ergebnisse zu verschaffen.

## 5 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die Prävalenz der Divertikulitis und ihrer Differentialdiagnosen anhand eines großen Patientenkollektivs darzustellen. Zudem sollte die diagnostische Genauigkeit der CT für die Divertikulitis und insbesondere für die Differentialdiagnosen untersucht werden.

Dazu wurden retrospektiv die CT-Befunde und elektronischen Patientenakten von 1069 Patienten des UKE, die zwischen Februar 2009 und Dezember 2017 mit klinischem Verdacht einer Divertikulitis eine CT erhielten, ausgewertet. Referenzstandard bildete die Diagnose des Entlassberichts. Als statistische Tests kamen der Chi-Quadrat-Test und der Cochran-Armitage-Test zum Einsatz.

561/1069 Patienten (52,5 %) wurden mit einer Divertikulitis entlassen und 427/1069 (39,9 %) mit einer von der Divertikulitis abweichenden Differentialdiagnose. Bei 81/1069 Patienten (7,6 %) konnte keine die Beschwerden erklärende Diagnose gestellt werden. Gastrointestinale und urogenitale Erkrankungen stellten die häufigsten Differentialdiagnosen dar. Die häufigste spezifische Differentialdiagnose war die Appendizitis mit 54/1069 (5,1 %) aller Fälle. Altersabhängig traten in der Gruppe der  $\geq 70$ -jährigen weniger Divertikulitiden und mehr Differentialdiagnosen auf als in den Altersgruppen  $< 70$  Jahre. Geschlechtsabhängig ließen sich mit Ausnahme hepatopankreatikobilärer Erkrankungen keine signifikanten Unterschiede in der Prävalenz von Divertikulitis und Differentialdiagnosen feststellen. Patienten, die sich über die Notaufnahme vorstellten, hatten signifikant häufiger eine Divertikulitis und signifikant seltener keine Diagnose als Patienten, die zum CT-Zeitpunkt bereits stationär waren. Die diagnostische Genauigkeit der CT betrug für die Divertikulitis 99,4 % und für Differentialdiagnosen 96,4 %.

Diese Arbeit zeigt, dass bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis eine Vielzahl an Differentialdiagnosen in Betracht kommen. Abhängig von Alter und Zuweisungsstatus des Patienten unterscheidet sich die Prävalenz der Differentialdiagnosen. Die CT weist nicht nur für die Divertikulitis, sondern auch für die Mehrheit der Differentialdiagnosen eine hohe diagnostische Genauigkeit auf. Sie ist deswegen in der Diagnostik von Patienten mit dem klinischen Verdacht einer Divertikulitis gut geeignet.

## 6 Summary

The purpose of this thesis was to depict the prevalence and relevant differential diagnoses in a large group of patients. Furthermore, the diagnostic accuracy of CT for diverticulitis and in particular for differential diagnoses should be investigated.

Therefore, CT results and electronic patient charts of 1069 patients were analysed retrospectively. All patients that received a CT with clinical suspected diverticulitis at UKE between February 2009 and December 2017 were included. Reference standard was the diagnoses from the final medical report. Statistical methods were Chi-square test and Cochran-Armitage-Test.

561/1069 patients (52.5 %) were discharged with diverticulitis and 427/1069 (39.9 %) with differential diagnosis differed from diverticulitis. In 81/1069 cases (7.6 %) no final diagnosis could be made. Gastrointestinal and genitourinary conditions were the most common differential diagnoses. The most frequent specific differential diagnosis was appendicitis with 54/1069 (5.1 %) cases. Age-related, patients aged  $\geq 70$  years had less often a diverticulitis and consequently more often differential diagnoses compared to patients aged  $< 70$  years. Regarding the gender, no significant difference could be found except for hepatobiliary diseases that were more often in men. Patients from emergency department had significant less diverticulitis and were less often discharged without a diagnosis than inpatients. Diagnostic accuracy of CT was 99.4 % for diverticulitis and 96.4 % for differential diagnoses.

This thesis points out that in clinical suspected diverticulitis a plethora of differential diagnoses should be considered. The prevalence of differential diagnoses differs depending on age and admission status. CT shows a proper diagnostic accuracy not only for diverticulitis but also for a majority of differential diagnoses. Therefore CT is a suitable diagnostic device in clinical suspected diverticulitis.

## 7 Abkürzungsverzeichnis

ALARA	„As low as reasonably achievable“ (Strahlenschutzprinzip)
CRP	C-reaktives Protein (Entzündungsparameter)
CT	Computertomographie
DD	Differentialdiagnosen
et al.	Lateinische Abkürzung für „und andere“
ggf.	Gegebenenfalls
k.A.	Keine Angabe
KI	Konfidenz-Intervall
kV	Kilovolt
mAs	Milliamperesekunde (n)
NPV	Negativer Prädiktiver Wert
NSAP	Nonspecific abdominal pain (englisch für unklarer Bauchschmerz)
OP	Operation
p	p-Wert (Maß des statistischen Signifikanzniveaus)
PPV	Positiver Prädiktiver Wert
RIS	Radiologie-Informationssystem
s	Sekunde(n)
S2k-Leitlinie	Konsensbasierte Leitlinie (siehe dazu Muche-Borowski und Kopp, 2011)
UKE	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

## 8 Literaturverzeichnis

- Abujudeh, H. H., Kaewlai, R., McMahon, P. M., Binder, W., Novelline, R. A., Gazelle, G. S. und Thrall, J. H. (2011). Abdominopelvic CT increases diagnostic certainty and guides management decisions: a prospective investigation of 584 patients in a large academic medical center. *AJR Am J Roentgenol* 196 (2): S. 238-243.
- Aldoori, W. H., Giovannucci, E. L., Rimm, E. B., Wing, A. L., Trichopoulos, D. V. und Willett, W. C. (1994). A prospective study of diet and the risk of symptomatic diverticular disease in men. *Am J Clin Nutr* 60 (5): S. 757-764.
- Ambrosetti, P. (2012). Value of CT for acute left-colonic diverticulitis: the surgeon's view. *Dig Dis* 30 (1): S. 51-55.
- Ambrosetti, P., Jenny, A., Becker, C., Terrier, T. F. und Morel, P. (2000). Acute left colonic diverticulitis--compared performance of computed tomography and water-soluble contrast enema: prospective evaluation of 420 patients. *Dis Colon Rectum* 43 (10): S. 1363-1367.
- Annibale, B., Lahner, E., Maconi, G., Usai, P., Marchi, S., Bassotti, G., Barbara, G. und Cuomo, R. (2012). Clinical features of symptomatic uncomplicated diverticular disease: a multicenter Italian survey. *Int J Colorectal Dis* 27 (9): S. 1151-1159.
- Bassotti, G., Battaglia, E., Bellone, G., Dughera, L., Fisogni, S., Zambelli, C., Morelli, A., Mioli, P., Emanuelli, G. und Villanacci, V. (2005). Interstitial cells of Cajal, enteric nerves, and glial cells in colonic diverticular disease. *J Clin Pathol* 58 (9): S. 973-977.
- Becker, C. (2007). Radiologisch praxisrelevante Prophylaxe und Therapie von Nebenwirkungen jodhaltiger Kontrastmittel. *Der Radiologe* 47 (9): S. 768.
- Becker, V. (1976). 54. Pathologisch-anatomische Aspekte zur Entstehung von Divertikeln und ihren Komplikationen. *Langenbecks Arch Chir* 342: S. 401-409.
- Ben Yaacoub, I., Boulay-Coletta, I., Jules, M. C. und Zins, M. (2011). CT findings of misleading features of colonic diverticulitis. *Insights Imaging* 2 (1): S. 69-84.
- Bharucha, A. E., Parthasarathy, G., Ditah, I., Fletcher, J. G., Ewelukwa, O., Pendlimari, R., Yawn, B. P., Melton, L. J., Schleck, C. und Zinsmeister, A. R. (2015). Temporal Trends in the Incidence and Natural History of Diverticulitis: A Population-Based Study. *Am J Gastroenterol* 110 (11): S. 1589-1596.
- Bollom, A., Austrie, J., Hirsch, W., Nee, J., Friedlander, D., Ellingson, K., Cheng, V. und Lembo, A. (2017). Emergency Department Burden of Diverticulitis in the USA, 2006-2013. *Dig Dis Sci* 62 (10): S. 2694-2703.
- Brenner, H., Kloor, M. und Pox, C. P. (2014). Colorectal cancer. *Lancet* 383 (9927): S. 1490-1502.
- Broder, J. S., Hollingsworth, C. L., Miller, C. M., Meyer, J. L. und Paulson, E. K. (2010). Prospective double-blinded study of abdominal-pelvic computed tomography guided by the region of tenderness: estimation of detection of acute pathology and radiation exposure reduction. *Ann Emerg Med* 56 (2): S. 126-134.

- Buckley, O., Geoghegan, T., O'Riordain, D. S., Lyburn, I. D. und Torreggiani, W. C. (2004). Computed tomography in the imaging of colonic diverticulitis. *Clin Radiol* 59 (11): S. 977-983.
- Burkitt, D. P., Walker, A. R. und Painter, N. S. (1972). Effect of dietary fibre on stools and the transit-times, and its role in the causation of disease. *Lancet* 2 (7792): S. 1408-1412.
- Cammarota, S., Cargiolli, M., Androzzzi, P., Toraldo, B., Citarella, A., Flacco, M. E., Binda, G. A., Annibale, B., Manzoli, L. und Cuomo, R. (2018). Increasing trend in admission rates and costs for acute diverticulitis during 2005-2015: real-life data from the Abruzzo Region. *Therap Adv Gastroenterol* 11: S. 1756284818791502.
- Cervellin, G., Mora, R., Ticinesi, A., Meschi, T., Comelli, I., Catena, F. und Lippi, G. (2016). Epidemiology and outcomes of acute abdominal pain in a large urban Emergency Department: retrospective analysis of 5,340 cases. *Ann Transl Med* 4 (19): S. 362.
- Chintapalli, K. N., Chopra, S., Ghiatas, A. A., Esola, C. C., Fields, S. F. und Dodd, G. D., 3rd (1999). Diverticulitis versus colon cancer: differentiation with helical CT findings. *Radiology* 210 (2): S. 429-435.
- Cho, K. C., Morehouse, H. T., Alterman, D. D. und Thornhill, B. A. (1990). Sigmoid diverticulitis: diagnostic role of CT--comparison with barium enema studies. *Radiology* 176 (1): S. 111-115.
- Choi, Y. H., Koh, S. J., Kim, J. W., Kim, B. G., Lee, K. L., Im, J. P., Kim, J. S. und Jung, H. C. (2014). Do we need colonoscopy following acute diverticulitis detected on computed tomography to exclude colorectal malignancy? *Dig Dis Sci* 59 (9): S. 2236-2242.
- Czaja, C. A., Scholes, D., Hooton, T. M. und Stamm, W. E. (2007). Population-based epidemiologic analysis of acute pyelonephritis. *Clin Infect Dis* 45 (3): S. 273-280.
- De Cecco, C. N., Ciolina, M., Annibale, B., Rengo, M., Bellini, D., Muscogiuri, G., Maruotti, A., Saba, L., Iafrate, F. und Laghi, A. (2016). Prevalence and distribution of colonic diverticula assessed with CT colonography (CTC). *Eur Radiol* 26 (3): S. 639-645.
- Dua, A., Dua, A., Desai, S. S., Kuy, S., Sharma, R., Jechow, S. E., McMaster, J., Patel, B. und Kuy, S. (2013). Gender based differences in management and outcomes of cholecystitis. *Am J Surg* 206 (5): S. 641-646.
- Eide, T. J. und Stalsberg, H. (1979). Diverticular disease of the large intestine in Northern Norway. *Gut* 20 (7): S. 609-615.
- Eisenberg, J. D., Reisner, A. T., Binder, W. D., Zaheer, A., Gunn, M. L., Linnau, K. F., Miller, C. M., Tramontano, A. C., Herring, M. S., Dowling, E. C., Halpern, E. F., Donelan, K., Gazelle, G. S. und Pandharipande, P. V. (2017). Role of CT in the Diagnosis of Nonspecific Abdominal Pain: A Multicenter Analysis. *AJR Am J Roentgenol* 208 (3): S. 570-576.
- Etzioni, D. A., Mack, T. M., Beart, R. W., Jr. und Kaiser, A. M. (2009). Diverticulitis in the United States: 1998-2005: changing patterns of disease and treatment. *Ann Surg* 249 (2): S. 210-217.

- Fagerstrom, A., Paajanen, P., Saarelainen, H., Ahonen-Siirtola, M., Ukkonen, M., Miettinen, P. und Paajanen, H. (2017). Non-specific abdominal pain remains as the most common reason for acute abdomen: 26-year retrospective audit in one emergency unit. *Scand J Gastroenterol* 52 (10): S. 1072-1077.
- Farag Soliman, M., Wustner, M., Sturm, J., Werner, A., Diehl, S. J., Duber, C. und Post, S. (2004). Primärdiagnostik der akuten Sigmadivertikulitis. Sonografie versus Computertomografie, eine prospektive Studie. *Ultraschall Med* 25 (5): S. 342-347.
- Faverio, P., Aliberti, S., Bellelli, G., Suigo, G., Lonni, S., Pesci, A. und Restrepo, M. I. (2014). The management of community-acquired pneumonia in the elderly. *Eur J Intern Med* 25 (4): S. 312-319.
- Ferzoco, L. B., Raptopoulos, V. und Silen, W. (1998). Acute diverticulitis. *N Engl J Med* 338 (21): S. 1521-1526.
- Feuerstein, J. D. und Falchuk, K. R. (2016). Diverticulosis and Diverticulitis. *Mayo Clin Proc* 91 (8): S. 1094-1104.
- Fisher, N., Berry, C. S., Fearn, T., Gregory, J. A. und Hardy, J. (1985). Cereal dietary fiber consumption and diverticular disease: a lifespan study in rats. *Am J Clin Nutr* 42 (5): S. 788-804.
- Galetin, T., Galetin, A., Vestweber, K. H. und Rink, A. D. (2018). Systematic review and comparison of national and international guidelines on diverticular disease. *Int J Colorectal Dis* 33 (3): S. 261-272.
- Grabe, M., Bjerklund-Johansen, T., Botto, H., Çek, M., Naber, K., Tenke, P. und Wagenlehner, F. (2015). Guidelines on urological infections. *European association of urology* 182
- Granlund, J., Svensson, T., Olen, O., Hjern, F., Pedersen, N. L., Magnusson, P. K. und Schmidt, P. T. (2012). The genetic influence on diverticular disease--a twin study. *Aliment Pharmacol Ther* 35 (9): S. 1103-1107.
- Groth, M., Fiehler, J., Henes, F. O. und Buhk, J. H. (2015). Thoracic Pathologies on Scout Views and Bolus Tracking Slices for Computed Tomographic Cerebral Angiography. *Rofo* 187 (8): S. 691-696.
- Grützner, G. und Schmid-Tannwald, C. (2017). Ösophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm. In: *Duale Reihe Radiologie*. Reiser, M., Kuhn, F.-P. und Debus, J. (Hrsg.). 4., vollständig überarbeitete Aufl. Thieme. Stuttgart. S. 496-497.
- Hagel, S., Epple, H.-J., Feurle, G., Kern, W., Jansen, P. L., Malfertheiner, P., Marth, T., Meyer, E., Mielke, M. und Moos, V. (2015). S2k-leitlinie gastrointestinale infektionen und morbus Whipple. *Zeitschrift für Gastroenterologie* 53 (05): S. 418-459.
- Hendee, W. R. und Edwards, F. M. (1986). ALARA and an integrated approach to radiation protection. *Semin Nucl Med* 16 (2): S. 142-150.
- Herold, G. (2017). *Innere Medizin*. Köln. S. 486-488.
- Hofer, M. (2016). *CT-Kursbuch*. 9., erweiterte und aktualisierte. Aufl. Didamed Verlag. Düsseldorf. S. 6-13.

- Horn, C. B., Tian, D., Bochicchio, G. V. und Turnbull, I. R. (2018). Incidence, demographics, and outcomes of nonoperative management of appendicitis in the United States. *J Surg Res* 223: S. 251-258.
- Hulnick, D. H., Megibow, A. J., Balthazar, E. J., Naidich, D. P. und Bosniak, M. A. (1984). Computed tomography in the evaluation of diverticulitis. *Radiology* 152 (2): S. 491-495.
- Hünerbein, R. (2017). Radiologische Verfahren. In: *Duale Reihe Radiologie*. Reiser, M., Kuhn, F.-P. und Debus, J. (Hrsg.). 4., vollständig überarbeitete Aufl. Thieme. Stuttgart. S. 85-92.
- Hupfeld, L., Pommergaard, H. C., Burcharth, J. und Rosenberg, J. (2018). Emergency admissions for complicated colonic diverticulitis are increasing: a nationwide register-based cohort study. *Int J Colorectal Dis* 33 (7): S. 879-886.
- Jacobs, D. O. (2007). Clinical practice. Diverticulitis. *N Engl J Med* 357 (20): S. 2057-2066.
- Jovani, M., Ma, W., Joshi, A. D., Liu, P. H., Nguyen, L. H., Cao, Y., Tam, I., Wu, K., Giovannucci, E. L., Chan, A. T. und Strate, L. L. (2019). Menopausal Hormone Therapy and Risk of Diverticulitis. *Am J Gastroenterol* 114 (2): S. 315-321.
- Kircher, M. F., Rhea, J. T., Kihiczak, D. und Novelline, R. A. (2002). Frequency, sensitivity, and specificity of individual signs of diverticulitis on thin-section helical CT with colonic contrast material: experience with 312 cases. *AJR Am J Roentgenol* 178 (6): S. 1313-1318.
- Klebs, E. (1868). *Handbuch der pathologischen Anatomie*. Verlag von August Hirschwald. Berlin. S. 266-273.
- Knoll, T., Schubert, A. B., Fahlenkamp, D., Leusmann, D. B., Wendt-Nordahl, G. und Schubert, G. (2011). Urolithiasis through the ages: data on more than 200,000 urinary stone analyses. *J Urol* 185 (4): S. 1304-1311.
- Kranz, J., Schmidt, S., Lebert, C., Schneidewind, L., Vahlensieck, W., Sester, U., Funfstuck, R., Helbig, S., Hofmann, W., Hummers, E., Kunze, M., Kniehl, E., Naber, K., Mandraka, F., Mundner-Hensen, B., Schmiemann, G. und Wagenlehner, F. M. E. (2017). Epidemiologie, Diagnostik, Therapie, Prävention und Management unkomplizierter, bakterieller, ambulant erworbener Harnwegsinfektionen bei erwachsenen Patienten : Aktualisierung 2017 der interdisziplinären AWMF S3 Leitlinie. *Urologe A* 56 (6): S. 746-758.
- Labs, J. D., Sarr, M. G., Fishman, E. K., Siegelman, S. S. und Cameron, J. L. (1988). Complications of acute diverticulitis of the colon: improved early diagnosis with computerized tomography. *Am J Surg* 155 (2): S. 331-336.
- Lameris, W., van Randen, A., van Gulik, T. M., Busch, O. R., Winkelhagen, J., Bossuyt, P. M., Stoker, J. und Boermeester, M. A. (2010). A clinical decision rule to establish the diagnosis of acute diverticulitis at the emergency department. *Dis Colon Rectum* 53 (6): S. 896-904.
- Laqmani, A., Veldhoen, S., Dulz, S., Derlin, T., Behzadi, C., Schmidt-Holtz, J., Wassenberg, F., Sehner, S., Nagel, H. D., Adam, G. und Regier, M. (2016). Reduced-dose abdominopelvic CT using hybrid iterative reconstruction in suspected left-sided colonic diverticulitis. *Eur Radiol* 26 (1): S. 216-224.

- Lau, K. C., Spilsbury, K., Farooque, Y., Kariyawasam, S. B., Owen, R. G., Wallace, M. H. und Makin, G. B. (2011). Is colonoscopy still mandatory after a CT diagnosis of left-sided diverticulitis: can colorectal cancer be confidently excluded? *Dis Colon Rectum* 54 (10): S. 1265-1270.
- Laurell, H., Hansson, L. E. und Gunnarsson, U. (2007). Acute diverticulitis--clinical presentation and differential diagnostics. *Colorectal Dis* 9 (6): S. 496-501; discussion 501-492.
- Leifeld, L., Germer, C., Böhm, S., Dumoulin, F., Häuser, W., Kreis, M., Labenz, J., Lembcke, B., Post, S. und Reinshagen, M. (2014). S2k-Leitlinie Divertikelkrankheit/Divertikulitis. *Zeitschrift für Gastroenterologie* 52 (07): S. 663-710.
- Leuthauser, A. und McVane, B. (2016). Abdominal Pain in the Geriatric Patient. *Emerg Med Clin North Am* 34 (2): S. 363-375.
- Longstreth, G. F., Iyer, R. L., Chu, L. H., Chen, W., Yen, L. S., Hodgkins, P. und Kawatkar, A. A. (2012). Acute diverticulitis: demographic, clinical and laboratory features associated with computed tomography findings in 741 patients. *Aliment Pharmacol Ther* 36 (9): S. 886-894.
- Magidson, P. D. und Martinez, J. P. (2016). Abdominal Pain in the Geriatric Patient. *Emerg Med Clin North Am* 34 (3): S. 559-574.
- McCleane, G. (2008). Pain perception in the elderly patient. *Clin Geriatr Med* 24 (2): S. 203-211, v.
- MedCalc Software bvba (2019). Free statistical calculators. Diagnostic test evaluation calculator. URL: [https://www.medcalc.org/calc/diagnostic\\_test.php](https://www.medcalc.org/calc/diagnostic_test.php) [Stand:12.08.2019].
- Meyer, J., Orci, L. A., Combescure, C., Balaphas, A., Morel, P., Buchs, N. C. und Ris, F. (2018). Risk of Colorectal Cancer in Patients With Acute Diverticulitis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Clin Gastroenterol Hepatol*
- Millet, I., Sebbane, M., Molinari, N., Pages-Bouic, E., Curros-Doyon, F., Riou, B. und Taourel, P. (2017). Systematic unenhanced CT for acute abdominal symptoms in the elderly patients improves both emergency department diagnosis and prompt clinical management. *Eur Radiol* 27 (2): S. 868-877.
- Morino, M., Pellegrino, L., Castagna, E., Farinella, E. und Mao, P. (2006). Acute nonspecific abdominal pain: A randomized, controlled trial comparing early laparoscopy versus clinical observation. *Ann Surg* 244 (6): S. 881-886; discussion 886-888.
- Muche-Borowski, C. und Kopp, I. (2011). Wie eine Leitlinie entsteht. *Zeitschrift für Herz-, Thorax-und Gefäßchirurgie* 25 (4): S. 217-223.
- Ochsenkühn, T. und Göke, B. (2002). Pathogenese und Epidemiologie der Sigmadivertikulose. *Der Chirurg* 73 (7): S. 665-669.

- OECD Data (2018). Computed tomography (CT) scanners. URL: <https://data.oecd.org/healthqt/computed-tomography-ct-scanners.htm> [Stand:22.05.2019].
- Ou, G., Rosenfeld, G., Brown, J., Chan, N., Hong, T., Lim, H. und Bressler, B. (2015). Colonoscopy after CT-diagnosed acute diverticulitis: Is it really necessary? *Can J Surg* 58 (4): S. 226-231.
- Painter, N. S. und Burkitt, D. P. (1971). Diverticular disease of the colon: a deficiency disease of Western civilization. *Br Med J* 2 (5759): S. 450-454.
- Pandharipande, P. V., Reisner, A. T., Binder, W. D., Zaheer, A., Gunn, M. L., Linnau, K. F., Miller, C. M., Avery, L. L., Herring, M. S., Tramontano, A. C., Dowling, E. C., Abujudeh, H. H., Eisenberg, J. D., Halpern, E. F., Donelan, K. und Gazelle, G. S. (2016). CT in the Emergency Department: A Real-Time Study of Changes in Physician Decision Making. *Radiology* 278 (3): S. 812-821.
- Peery, A. F., Barrett, P. R., Park, D., Rogers, A. J., Galanko, J. A., Martin, C. F. und Sandler, R. S. (2012a). A high-fiber diet does not protect against asymptomatic diverticulosis. *Gastroenterology* 142 (2): S. 266-272.e261.
- Peery, A. F., Dellon, E. S., Lund, J., Crockett, S. D., McGowan, C. E., Bulsiewicz, W. J., Gangarosa, L. M., Thiny, M. T., Stizenberg, K., Morgan, D. R., Ringel, Y., Kim, H. P., DiBonaventura, M. D., Carroll, C. F., Allen, J. K., Cook, S. F., Sandler, R. S., Kappelman, M. D. und Shaheen, N. J. (2012b). Burden of gastrointestinal disease in the United States: 2012 update. *Gastroenterology* 143 (5): S. 1179-1187.e1173.
- Pradel, J. A., Adell, J. F., Taourel, P., Djafari, M., Monnin-Delhom, E. und Briel, J. M. (1997). Acute colonic diverticulitis: prospective comparative evaluation with US and CT. *Radiology* 205 (2): S. 503-512.
- Prokop, M., Galanski, M. und Engelke, C. (2007). Ganzkörper-Computertomographie: Spiral- und Multislice-CT. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl. Thieme. Stuttgart. S. 3-42, 609-610.
- Rao, P. M., Rhea, J. T., Novelline, R. A., Dobbins, J. M., Lawrason, J. N., Sacknoff, R. und Stuk, J. L. (1998). Helical CT with only colonic contrast material for diagnosing diverticulitis: prospective evaluation of 150 patients. *AJR Am J Roentgenol* 170 (6): S. 1445-1449.
- Riemer, A. (2019). Computertomografie für MTRA/RT. 2., unveränderte. Aufl. Thieme. Stuttgart. S. 18-37.
- Sai, V. F., Velayos, F., Neuhaus, J. und Westphalen, A. C. (2012). Colonoscopy after CT diagnosis of diverticulitis to exclude colon cancer: a systematic literature review. *Radiology* 263 (2): S. 383-390.
- Sallinen, V., Mentula, P. und Leppaniemi, A. (2014). Risk of colon cancer after computed tomography-diagnosed acute diverticulitis: is routine colonoscopy necessary? *Surg Endosc* 28 (3): S. 961-966.
- Schirmer, B. D., Winters, K. L. und Edlich, R. F. (2005). Cholelithiasis and cholecystitis. *J Long Term Eff Med Implants* 15 (3): S. 329-338.

- Schnedl, W. J., Krause, R., Tafait, E., Tillich, M., Lipp, R. W. und Wallner-Liebmann, S. J. (2011). Insights into epiploic appendagitis. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 8 (1): S. 45-49.
- Schnitzbauer, A. A., Pieper, D., Neugebauer, E. A. und Bechstein, W. O. (2016). Sigmadivertikulitis : Behandlungsmodalitäten 2011 bis 2013. *Chirurg* 87 (8): S. 688-694.
- Shahedi, K., Fuller, G., Bolus, R., Cohen, E., Vu, M., Shah, R., Agarwal, N., Kaneshiro, M., Atia, M., Sheen, V., Kurzbard, N., van Oijen, M. G., Yen, L., Hodgkins, P., Erder, M. H. und Spiegel, B. (2013). Long-term risk of acute diverticulitis among patients with incidental diverticulosis found during colonoscopy. *Clin Gastroenterol Hepatol* 11 (12): S. 1609-1613.
- Sheth, A. A., Longo, W. und Floch, M. H. (2008). Diverticular disease and diverticulitis. *Am J Gastroenterol* 103 (6): S. 1550-1556.
- Sorokin, I., Mamoulakis, C., Miyazawa, K., Rodgers, A., Talati, J. und Lotan, Y. (2017). Epidemiology of stone disease across the world. *World J Urol* 35 (9): S. 1301-1320.
- Stollman, N., Smalley, W. und Hirano, I. (2015). American Gastroenterological Association Institute Guideline on the Management of Acute Diverticulitis. *Gastroenterology* 149 (7): S. 1944-1949.
- Stollman, N. H. und Raskin, J. B. (1999). Diagnosis and management of diverticular disease of the colon in adults. Ad Hoc Practice Parameters Committee of the American College of Gastroenterology. *Am J Gastroenterol* 94 (11): S. 3110-3121.
- Storz, C., Rothenbacher, T., Rospleszcz, S., Linseisen, J., Messmann, H., De Cecco, C. N., Machann, J., Lorbeer, R., Kiefer, L. S., Wintermeyer, E., Rado, S. D., Nikolaou, K., Elser, S., Rathmann, W., Reiser, M. F., Peters, A., Schlett, C. L. und Bamberg, F. (2019). Characteristics and associated risk factors of diverticular disease assessed by magnetic resonance imaging in subjects from a Western general population. *Eur Radiol* 29 (3): S. 1094-1103.
- Strate, L. L. (2012). Diverticulosis and dietary fiber: rethinking the relationship. *Gastroenterology* 142 (2): S. 205-207.
- Strate, L. L., Modi, R., Cohen, E. und Spiegel, B. M. (2012). Diverticular disease as a chronic illness: evolving epidemiologic and clinical insights. *Am J Gastroenterol* 107 (10): S. 1486-1493.
- Stromberg, C., Johansson, G. und Adolfsson, A. (2007). Acute abdominal pain: diagnostic impact of immediate CT scanning. *World J Surg* 31 (12): S. 2347-2354; discussion 2355-2348.
- Suhardja, T. S., Norhadi, S., Seah, E. Z. und Rodgers-Wilson, S. (2017). Is early colonoscopy after CT-diagnosed diverticulitis still necessary? *Int J Colorectal Dis* 32 (4): S. 485-489.
- Tack, D., Bohy, P., Perlot, I., De Maertelaer, V., Alkeilani, O., Sourtzis, S. und Geveno, P. A. (2005). Suspected acute colon diverticulitis: imaging with low-dose unenhanced multi-detector row CT. *Radiology* 237 (1): S. 189-196.

- Tanase, I., Paun, S., Stoica, B., Negoii, I., Gaspar, B. und Beuran, M. (2015). Epidemiology of diverticular disease -- systematic review of the literature. *Chirurgia (Bucur)* 110 (1): S. 9-14.
- Toorenvliet, B. R., Bakker, R. F., Breslau, P. J., Merkus, J. W. und Hamming, J. F. (2010). Colonic diverticulitis: a prospective analysis of diagnostic accuracy and clinical decision-making. *Colorectal Dis* 12 (3): S. 179-186.
- van Randen, A., Lameris, W., van Es, H. W., van Heesewijk, H. P., van Ramshorst, B., Ten Hove, W., Bouma, W. H., van Leeuwen, M. S., van Keulen, E. M., Bossuyt, P. M., Stoker, J. und Boermeester, M. A. (2011). A comparison of the accuracy of ultrasound and computed tomography in common diagnoses causing acute abdominal pain. *Eur Radiol* 21 (7): S. 1535-1545.
- Victor, A., Elsässer, A., Hommel, G. und Blettner, M. (2010). Wie bewertet man die p-Wert-Flut. *Dtsch Arztebl Int* 107 (4): S. 50-56.
- Wadhwa, V., Jobanputra, Y., Garg, S. K., Patwardhan, S., Mehta, D. und Sanaka, M. R. (2017). Nationwide trends of hospital admissions for acute cholecystitis in the United States. *Gastroenterol Rep (Oxf)* 5 (1): S. 36-42.
- Warner, E., Crighton, E. J., Moineddin, R., Mamdani, M. und Upshur, R. (2007). Fourteen-year study of hospital admissions for diverticular disease in Ontario. *Can J Gastroenterol* 21 (2): S. 97-99.
- Weinrich, J., Bannas, P., Avanesov, M., Schlichting, F., Schmitz, L., Laqmani, A., Adam, G. und Henes, F. (2019a). CT in the Setting of Suspected Colonic Diverticulitis: Prevalence and Diagnostic Yield for Diverticular Disease and Alternative Diagnosis in a Large Cohort in 1069 Patients. Beitrag präsentiert bei: 105th Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA), Chicago (RC308-05).
- Weinrich, J., Schlichting, F., Avanesov, M., Laqmani, A., Adam, G., Bannas, P. und Henes, F. (2019b). CT des Abdomens bei Verdacht auf akute Divertikulitis: Altersabhängige Häufigkeit alternativer Diagnosen. Beitrag präsentiert bei: 100. Deutscher Röntgenkongress, Leipzig (WISS 403.4).
- Weinrich, J. M., Bannas, P., Avanesov, M., Schlichting, F., Schmitz, L., Adam, G. und Henes, F. O. (2020). MDCT in the Setting of Suspected Colonic Diverticulitis: Prevalence and Diagnostic Yield for Diverticulitis and Alternative Diagnoses. *AJR Am J Roentgenol*: S. 1-10.
- Werner, A., Diehl, S. J., Farag-Soliman, M. und Duber, C. (2003). Multi-slice spiral CT in routine diagnosis of suspected acute left-sided colonic diverticulitis: a prospective study of 120 patients. *Eur Radiol* 13 (12): S. 2596-2603.
- Yadav, D. und Lowenfels, A. B. (2006). Trends in the epidemiology of the first attack of acute pancreatitis: a systematic review. *Pancreas* 33 (4): S. 323-330.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Epidemiologische Altersverteilung des Patientenkollektivs .....	16
Abbildung 2: Entlassdiagnose nach Organsystem und Altersgruppe .....	24
Abbildung 3: Alters- und geschlechtsabhängige Verteilung der Patienten mit Divertikulitis .....	27
Abbildung 4: Entlassdiagnose nach Organsystem und Geschlecht.....	28
Abbildung 5: Entlassdiagnose nach Organsystem und Zuweisungsstatus .....	30
Abbildung 6: Kontrastmittelgestützte CT mit axialen Schichten (A und B) sowie einer koronaren Rekonstruktion (C) bei drei verschiedenen Patienten mit klinischem Verdacht einer Divertikulitis.....	33
Abbildung 7: Beispiele für falsch negative CT-Befunde in Bezug auf die Diagnose der Divertikulitis. ....	34
Abbildung 8: Falsch-positiver CT-Befund für Divertikulitis. ....	34
Abbildung 9: Beispiele von im CT gefundenen Differentialdiagnosen bei klinischem Verdacht einer Divertikulitis. ....	35

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prävalenz nach Organsystem.....	21
Tabelle 2: Spezifische Entlassdiagnosen.....	23
Tabelle 3: Zehn häufigste spezifische Differentialdiagnosen in den drei Altersgruppen .....	26
Tabelle 4: Zehn häufigste spezifische Differentialdiagnosen nach Geschlecht.....	29
Tabelle 5: Zehn häufigste spezifische Differentialdiagnosen in Abhängigkeit vom Zuweisungsstatus .....	31
Tabelle 6: Vierfeldertafel für Divertikulitis und Differentialdiagnosen .....	32
Tabelle 7: Statistische Gütekriterien des diagnostischen Tests.....	32

## **11 Anlagenverzeichnis**

Anlage 1: Vollständige Auflistung aller spezifischen Entlassdiagnosen ..... 66

## 12 Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Prof. Dr. med. Gerhard Adam, Direktor der Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Nuklearmedizin am UKE, zunächst für die Möglichkeit bedanken, diese Arbeit in seiner Abteilung durchführen zu dürfen. Weiterhin möchte ich mich bei Ihnen für das Reisestipendium zum 100. Deutschen Röntgenkongresses im Rahmen des Programms „Die hellsten Köpfe für die Radiologie“ bedanken“.

Für die gute Zusammenarbeit und konstruktive Anmerkungen möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn PD Dr. med. Oliver Henes bedanken. Zeitweilig warst du mein erster Ansprechpartner für Fragen, und wenn die Zeit knapp wurde, ist es dir stets gelungen, mir auch am Nachmittag einen Arbeitsplatz zu besorgen.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. med. Julius Weinrich. Bei Problemen oder Fragen konnte ich mich stets darauf verlassen, von dir schnell eine Rückmeldung zu erhalten, und deine hilfreiche Kritik und wertvollen Ratschläge haben maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Danke.

Abschließend möchte ich mich ganz herzlich bei meiner Familie bedanken: Tobi, danke dir für den sprachlichen Schliff insbesondere in der englischen Zusammenfassung dieser Arbeit. Papa, danke dir für geduldiges Korrekturlesen und akribisches Prüfen der Zahlen. Mama, danke dir für geduldiges Zuhören und wieder Aufbauen, wenn es mal nicht so lief. Aber am Wichtigsten: Danke, dass ihr mich so auf den Weg gebracht habt, dass das Schreiben dieser Arbeit überhaupt erst möglich wurde!

## **13 Lebenslauf**

**Der Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt.**

## Publikationen

seit 02/2018: Promotion zum Thema „Wertigkeit der Computertomographie zur Diagnostik von Differentialdiagnosen beim klinischen Verdacht einer Divertikulitis“

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind Teil einer Originalarbeit und wurden im Rahmen zweier Kongressbeiträge vorgestellt.

### Originalarbeit:

Weinrich, J. M., Bannas, P., Avanesov, M., Schlichting, F., Schmitz, L., Adam, G. und Henes, F. O. (2020). MDCT in the Setting of Suspected Colonic Diverticulitis: Prevalence and Diagnostic Yield for Diverticulitis and Alternative Diagnoses. *AJR Am J Roentgenol*: S. 1-10.

### Kongressbeiträge:

*Deutscher Röntgenkongress 2019 in Leipzig:*

Weinrich, J., Schlichting, F., Avanesov, M., Laqmani, A., Adam, G., Bannas, P. und Henes, F. (2019). CT des Abdomens bei Verdacht auf akute Divertikulitis: Altersabhängige Häufigkeit alternativer Diagnosen. Beitrag präsentiert bei: 100. Deutscher Röntgenkongress, Leipzig (WISS 403.4).

*Annual Meeting 2019 der Radiological Society of North America (RSNA) in Chicago:*

Weinrich, J., Bannas, P., Avanesov, M., Schlichting, F., Schmitz, L., Laqmani, A., Adam, G. und Henes, F. (2019). CT in the Setting of Suspected Colonic Diverticulitis: Prevalence and Diagnostic Yield for Diverticular Disease and Alternative Diagnosis in a Large Cohort in 1069 Patients. Beitrag präsentiert bei: 105th Scientific Assembly and Annual Meeting of Radiological Society of North America (RSNA), Chicago (RC308-05)

## **14 Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: .....

## 15 Anlagen

Anlage 1: Vollständige Auflistung aller spezifischen Entlassdiagnosen in absteigender Häufigkeit

Spezifische Entlassdiagnose	n	Anteil gesamt n=1069 (%)	Anteil Differential- diagnosen n=427 (%)
Divertikulitis	561	52,5%	k.A.
keine Diagnose	81	7,6%	k.A.
Appendizitis	54	5,1%	12,6%
infektiöse Kolitis	45	4,2%	10,5%
Gastroenteritis	35	3,3%	8,2%
Urolithiasis	26	2,4%	6,1%
Pyelonephritis	21	2,0%	4,9%
ischämische Kolitis	19	1,8%	4,4%
Koprostase	19	1,8%	4,4%
Blutung/Hämatom	18	1,7%	4,2%
mechanischer. Dünndarmileus	18	1,7%	4,2%
Pneumonie	16	1,5%	3,7%
Cholezystitis	14	1,3%	3,3%
Harnwegsinfekt	14	1,3%	3,3%
Appendizitis Epiploica	11	1,0%	2,6%
Kolonkarzinom	10	0,9%	2,3%
Morbus Crohn/ Colitis ulcerosa	9	0,8%	2,1%
Pankreatitis	8	0,7%	1,9%
Tubeoarialabszess	8	0,7%	1,9%
Gastroduodenaler Ulkus <sup>1</sup>	7	0,7%	1,6%
Abdominaler Abszess	6	0,6%	1,4%
Dünndarmdivertikulitis	4	0,4%	0,9%
infizierte Lymphozele	4	0,4%	0,9%
Mesenterialischämie	4	0,4%	0,9%
Ovarialkarzinom	4	0,4%	0,9%
Spondylodiszitis	4	0,4%	0,9%
Adnexitis/Salpingitis	3	0,3%	0,7%
Anastomoseninsuffizienz	2	0,2%	0,5%
Beckenvenenthrombose	2	0,2%	0,5%
Harnverhalt	2	0,2%	0,5%
mechanischer. Dickdarmileus	2	0,2%	0,5%
Ovarialzystadenom	2	0,2%	0,5%
Pankreaskarzinom	2	0,2%	0,5%
Peritonealkarzinose	2	0,2%	0,5%

<sup>1</sup> Mit Blutung oder Perforation

<b>Spezifische Entlassdiagnose</b>	<b>n</b>	<b>Anteil gesamt n=1069 (%)</b>	<b>Anteil Differential- diagnosen n=427 (%)</b>
Proktitis	2	0,2%	0,5%
Zystitis	2	0,2%	0,5%
Akute Myeloische Leukämie	1	0,1%	0,2%
Beckenringfraktur	1	0,1%	0,2%
Cholangiozelluläres Karzinom	1	0,1%	0,2%
Cholangitis	1	0,1%	0,2%
Dünndarm-Lymphom	1	0,1%	0,2%
Endometriose	1	0,1%	0,2%
Fornixruptur	1	0,1%	0,2%
Harnblasenkarzinom	1	0,1%	0,2%
Harnblasenperforation	1	0,1%	0,2%
infizierter Urachus	1	0,1%	0,2%
Infizierte Nierenzyste	1	0,1%	0,2%
Knochenmetastasen	1	0,1%	0,2%
LAE und Niereninfarkt	1	0,1%	0,2%
Lebermetastasen	1	0,1%	0,2%
Leberzellkarzinom	1	0,1%	0,2%
Lymphom	1	0,1%	0,2%
Milzinfarkt	1	0,1%	0,2%
Milzruptur	1	0,1%	0,2%
Nierenabszess	1	0,1%	0,2%
Niereninfarkt	1	0,1%	0,2%
Nierenzellkarzinom	1	0,1%	0,2%
Ovarialtorsion	1	0,1%	0,2%
Ovarialvenenthrombose	1	0,1%	0,2%
Pankreatikolithiasis	1	0,1%	0,2%
Prostatitis	1	0,1%	0,2%
Pseudozyste	1	0,1%	0,2%
rektovesikale Fistel	1	0,1%	0,2%
Wirbelkörperfraktur	1	0,1%	0,2%
<b>Summe</b>	<b>1069</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>