

Aus der Klinik für Innere Medizin
Schwerpunkt Hämatologie, Onkologie und Immunologie
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. A. Neubauer
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

Deskriptive Fehleranalyse im internistischen
Ultraschall der Stufe DEGUM III
im Zeitraum 03/2006 - 03/2013

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von:

Helena Lesker aus Bonn

Marburg, 2016

**Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:
26.04.2016**

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Herr Prof. Dr. H. Schäfer

Referent: Herr Prof. Dr. C. Görg

1. Korreferent: Frau PD Dr. C. Seifart

„Es mag in der Natur des Menschen liegen, Fehler zu machen, aber es liegt ebenso in der Natur des Menschen, Lösungen zu entwickeln, bessere Alternativen zu finden und sich der Herausforderung zu stellen. Und es gibt keinen besseren Tag damit anzufangen, als heute!“

(Kohn LT et al., 2000; Rall et al., 2001)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Fehlerkultur in der Medizin	1
1.1.1	Definitionen von Fehlern	2
1.1.2	Einflussfaktoren auf Entstehung von Fehlern	4
1.1.3	Umgang mit Fehlern	6
1.1.4	Ziele für die Zukunft	9
1.2	Stellenwert der Sonografie im diagnostischen Algorithmus	10
1.3	Grundlegende Faktoren der Fehlerursachen im Ultraschall	12
1.3.1	Falsche Geräteeinstellung und Gerätehandhabung	13
1.3.2	Patientenbedingte Einschränkungen	16
1.3.3	Äußere Faktoren	17
1.3.4	Erfahrung des Untersuchers	19
2	Patienten und Methoden	22
2.1	Studienaufbau	22
2.2	Patientenkollektiv	22
2.2.1	Definition der Einschlusskriterien	23
2.2.2	Definition der Ausschlusskriterien	23
2.3	Untersuchungen	24
2.4	Diagnostische Fehler	25
2.5	Interventionelle Fehler	28
2.6	Referenzwerte	29
2.7	Statistik	31
3	Ergebnisse	32
3.1	Diagnostische Fehler	32
3.1.1	Diagnosesicherung	32
3.1.2	Demografische Daten	34
3.1.3	Klinische Anmeldung	35
3.1.4	Untersuchungstechnik	37
3.1.5	Diagnosefehler mit CEUS	38
3.1.6	Untersuchte Organregionen	40
3.1.7	Befundbeschreibung des Untersuchers	45

3.1.8	Zeitliche Faktoren.....	47
3.1.9	Diagnostische Fehler mit Folgekonsequenzen	49
3.1.10	Vermeidbarkeit der diagnostischen Fehler im Ultraschall	55
3.2	Interventionelle Fehler.....	57
3.2.1	Diagnosesicherung	57
3.2.2	Demografische Daten	58
3.2.3	Klinische Vorbereitung der Interventionen	59
3.2.4	Art der Interventionen	61
3.2.5	Organregion der Intervention	62
3.2.6	Zeitliche Faktoren.....	64
3.2.7	Folgekonsequenzen der interventionellen Fehler	66
3.2.8	Einteilung der Folgekonsequenzen der interventionellen Fehler	67
3.2.9	Schlechte Schallbedingungen	69
3.3	Kasuistiken	70
3.3.1	Fall 1: aktive Blutung	70
3.3.2	Fall 2: Darm nicht untersucht	72
3.3.3	Fall 3: auffälliger Lymphknoten.....	74
3.3.4	Fall 4: geplanter Punktionsort vermutlich nicht getroffen	76
3.3.5	Fall 5: metastasenartiges Hämangiom.....	78
3.3.6	Fall 6: verkapselte Pankreaszyste	80
4	Diskussion.....	83
4.1	Geräteeinstellung	83
4.2	Patientenbedingte Einschränkungen.....	86
4.3	Äußere Faktoren	91
4.4	Erfahrung des Untersuchers	96
4.5	Folgekonsequenzen der Fehler	99
4.5.1	Gegenüberstellung der Fehler mit und ohne Folgekonsequenzen für die Patienten	99
4.5.2	Folgekonsequenzen der diagnostischen Fehler	100
4.5.3	Blutungen	105
4.5.4	Pneumothorax.....	108
4.5.5	Geplanter Punktionsort nicht getroffen	109
4.6	Limitationen und Empfehlungen	110

5	Schlussfolgerung	112
6	Zusammenfassung	116
7	Summary	118
8	Abkürzungsverzeichnis	VII
9	Grafikverzeichnis	VIII
10	Abbildungsverzeichnis	X
11	Tabellenverzeichnis	XI
12	Literaturverzeichnis	XIII
13	Verzeichnis der akademischen Lehrer	XXXI
14	Danksagung	XXXII

1 Einleitung

1.1 Fehlerkultur in der Medizin

Seit der Veröffentlichung des amerikanischen Berichtes des Institute of Medicine (IOM) - 1999 „To Err Is Human: Building a Safer Health System“, der über Ergebnisse der „Harvard Medical Practice Study“ informiert (Kohn LT et al., 2000), rücken die Themen Fehler und Patientensicherheit in der Medizin zunehmend in das öffentliche Interesse. In diesem Bericht wurden zwei große Studien zusammengefasst und die Ergebnisse zeigten, dass in den USA pro Jahr zwischen 44.000 und 98.000 Patienten aufgrund von medizinischen Behandlungsfehlern versterben (Brennan et al., 2004; Leape et al., 1991). Palm et al. bemerkten, dass nach dieser Bekanntgabe der Behandlungsfehler in den Vereinigten Staaten auf der Liste der häufigsten Todesursachen an achter Stelle stand (Palm et al., 2002).

In einer dieser Studien von 1984 des Staates New York, auf die sich im IOM bezogen wurde, kam es in 3,7% von stationären Aufnahmen zu behandlungsorientierten Gesundheitsschäden (Brennan et al., 2004). Auch in der Schweiz zeigte eine prospektive Studie der Jahre 1998-2000 in 3,7% von über 41.000 Fällen behandlungsinduzierte Komplikationen (Staubli, 2001). In einer amerikanischen Studie über chirurgische, unerwünschte Ereignisse aus dem Jahr 1992 wurde veröffentlicht, dass 3% der Patienten jährlich einen Schaden erlitten, von denen wiederum 54% vermeidbar gewesen wären (Gawande et al., 1999). Eine australische Studie beschrieb, dass 8% der Krankenhaustage aufgrund von vermeidbaren Gesundheitsschäden infolge medizinischer Fehler entstanden waren (Wilson et al., 1995). Für Deutschland gibt es derzeit keine Statistiken zu fehlerassoziierten Gesundheitsschäden (Ollenschläger et al., 2002). Hansis et al. versuchten für Deutschland eine Anzahl an Behandlungsfehlern zu schätzen unter anderem anhand von Registern der Gutachterkommissionen der Landesärztekammern, des Medizinischen Dienstes der Krankenkassen, der Zivilkammern der Landgerichte und Haftpflichtversicherungen (Hansis et al., 2001). Dabei ergab die Schätzung der Behandlungsfehler bei bekannter Unsicherheit und steigender Tendenz, eine Anzahl von 40.000 Behandlungsfehlervorwürfen pro Jahr und 12.000 nachgewiesenen Behandlungsfehler pro Jahr in Deutschland. In einer Studie der Universität Kiel wurden 100 verstorbene Patienten nach randomisierter Selektion aus

den Jahren 1999/2000 einer Autopsie unterzogen und auf irrtümliche Diagnosen untersucht und mit vorangegangenen, ähnlichen Studien derselben Klinik verglichen. Dabei ließ sich erkennen, dass die Rate an Fehldiagnosen durchschnittlich bei 10% lag und trotz verbesserter diagnostischer Möglichkeiten nicht rückläufig waren (Kirch, 2005; Kirch et al., 2004).

Die Auflistung der oben genannten Studien gibt eine ungefähre Vorstellung darüber, wie hoch der Anteil von Behandlungsfehlern aktuell im internationalen Vergleich ist. Die Daten aus Deutschland bezüglich dieses Themas sind jedoch noch lückenhaft.

Zusätzlich wird deutlich, dass die Studien ihre Angaben aus verschiedenen Registern ziehen und unterschiedliche Aspekte von unerwünschten Ereignissen im Krankenhaus bewerten (behandlungsorientierte Gesundheitsschäden, behandlungsinduzierte Komplikationen, vermeidbare Schäden, Krankenhaustage aufgrund von vermeidbaren Schäden, irrtümliche Diagnosen). Aus diesem Grund sollen im folgenden Kapitel die Begriffe der medizinischen Fehler näher erläutert werden.

1.1.1 Definitionen von Fehlern

Um sich mit medizinischen Fehlern und deren Einteilung auseinander zu setzen, ist es notwendig die einzelnen Begriffe zu erklären. So soll hier in Anlehnung an Rall et al. ein „Fehler“ wertfrei als „ein nicht beabsichtigtes, oft auch nicht erwartetes, unerwünschtes Ergebnis einer bewusst oder unbewusst ausgeführten oder unterlassenen Maßnahme“ definiert werden. Bei der Recherche nach Definitionen von medizinischen Fehlern wird deutlich, dass deren Analyse zu einem eigenen Wissenschaftszweig geworden ist, welcher die Fehler nach verschiedenen Aspekten betrachtet und klassifiziert (Rall et al., 2001). Um eine Vorstellung von der unterschiedlichen Betrachtungsmöglichkeit eines medizinischen Fehlers zu bekommen, sollen hier einige solcher Klassifizierungsversuche zur Veranschaulichung dienen.

Reason unterteilte die Fehler in systematische und unsystematische Fehler. Ein systematischer Fehler bleibt nach der Klassifizierung konstant und ist eher korrigierbar sowie prognostizierbar. Die Ursache liegt hier bei einer einzelnen identifizierbaren Bedingung. Ein unsystematischer Fehler ist dagegen schwieriger zu analysieren, da er multifaktoriell bedingt und nicht prognostizierbar ist (Reason, 1990; Rall et al., 2001).

Maurino et al. teilten Fehler in aktive und latente Fehler ein. Aktive Fehler wirken sich dabei meist sofort aus. Sie sind unterteilbar in:

1. „Echte Fehler“ auf der Planungsebene, z.B. eine Maßnahme wird bewusst geplant auf einer fehlerhaften Entscheidung basierend; auch fehlerhaftes Unterlassen einer notwendigen Handlung gehört zu dieser Kategorie.
2. „Aussetzer“ auf der Informationsspeicherungsebene z.B. durch Vergessen einer notwendigen Maßnahme, folglich sind sie also unbewusst.
3. „Ausrutscher“ auf der Ausführungsebene, d.h. versehentliche falsche Durchführung einer Maßnahme.

Latente Fehler dagegen bleiben lange unerkannt und wirken sich dabei nicht allein negativ aus, jedoch erhöhen sie die Gefahr eines aktiven Fehlers. Latente Fehler können in einem vorangegangenen Prozess eingliedert sein z.B. organisatorische Fehler, Dokumentationsfehler, Ausbildung und Einarbeitung von Mitarbeitern, Herstellung von Geräten, gesetzliche Rahmenbedingungen, sowie sich langsam einschleichende und unsichere Handlungsprotokolle (Maurino, 1997; Rall et al., 2001).

Ein weiterer Faktor für medizinische Fehler nimmt die diagnostische Entscheidung ein. De Keyser et al. beschrieben den Fixierungsfehler, der zum einen darin besteht, auf der initialen Diagnose zu beharren und zum anderen darin den Schweregrad eines Problems zu unterschätzen also eine schwerwiegendere Diagnose nicht zu akzeptieren (De Keyser et al., 1990; Rall et al., 2001).

Kirch et al. gingen explizit auf die Definition von diagnostischen Fehlern ein. Sie unterschieden die Begrifflichkeiten:

- „Fehldiagnose = unrichtige Bezeichnung einer Erkrankung und daraus resultierende falsche Therapie mit verschlechternder Prognose für den Patienten“
- „falsche Diagnose = klinisch unrichtige Bezeichnung einer pathologisch-anatomisch gesicherten Erkrankung ohne Einfluss auf die Prognose des Patienten“
- „nicht gestellte Diagnose = klinisch unerkannte Erkrankung eines pathologisch-anatomisch gesicherten Befundes, ohne prognostischer Relevanz für den Patienten“.

Kirch et al. erwähnten ebenfalls, dass diese Definitionen in derzeitigen Publikationen nicht einheitlich verwendet werden (Kirch, 2005).

In der vorliegenden Arbeit wurde die Einteilung und Benennung der Fehler auf diagnostische und interventionelle Fehler beschränkt und diese als Majorfehler

deklariert, sobald auswertbare Folgekonsequenzen erhoben werden konnten. Außerdem wurden sie auf Vermeidbarkeit untersucht.

1.1.2 Einflussfaktoren auf Entstehung von Fehlern

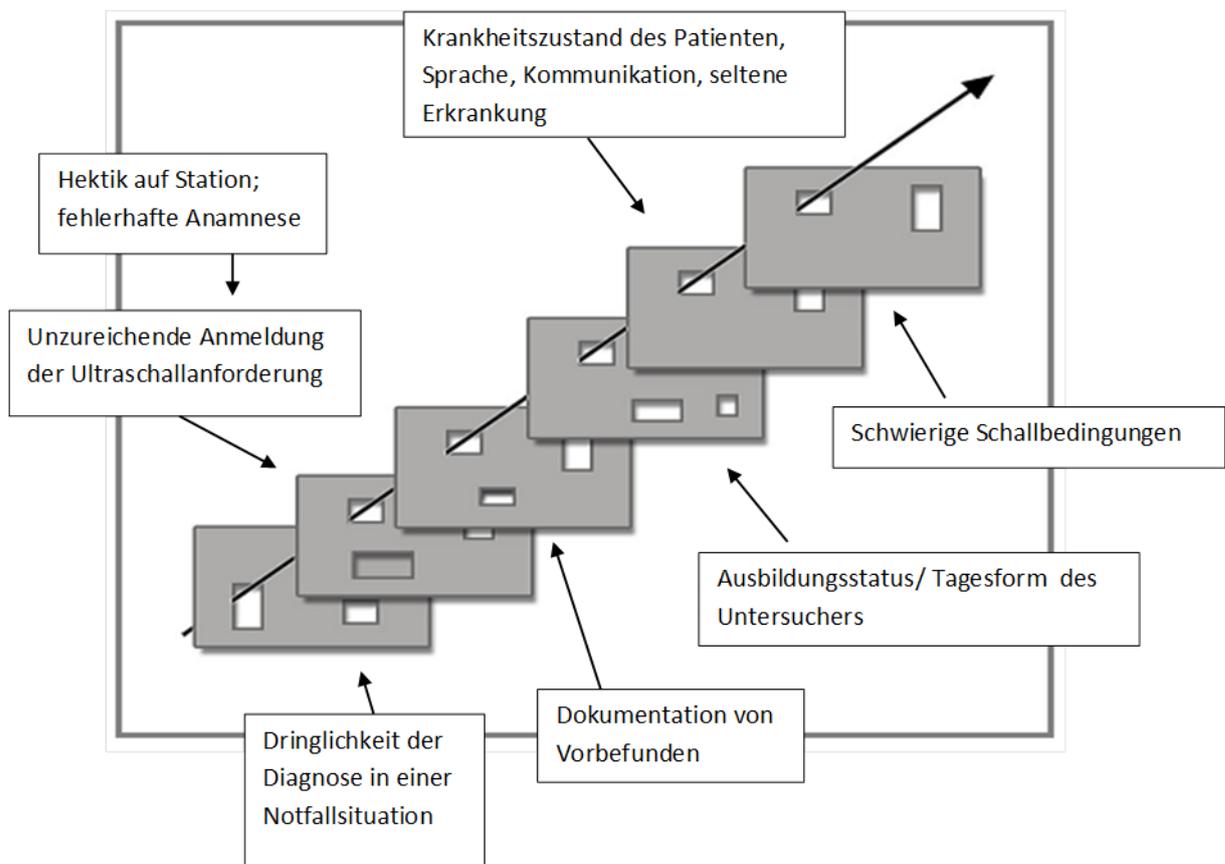
Nach Reason existieren zwei Fehlermodelle zur Entstehung von menschlichen Fehlern (Reason, 2000), welche häufig im Zusammenhang mit medizinischen Fehlern, aber auch in anderen Branchen (Luftfahrt, Paketversand) zur Optimierung von Abläufen und zum Erkennen und Verstehen von Fehlerquellen herangezogen werden. Das traditionelle, ältere Modell basiert auf dem Versagen einer einzelnen Person. Danach entsteht ein Fehler aufgrund von Unachtsamkeit, Vergessen, fehlende Motivation oder Fehleinschätzung, was darin mündet, dass Einzelne für einen Fehler zur Verantwortung gezogen werden bzw. als individuelle Fehlerquelle verurteilt werden.

Das zweite Fehlermodell beschäftigt sich mit den Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter, wie sie vor allem in komplexen Systemen mit vielschichtigen Abläufen und Schnittstellen vorkommen. Dies ist unter anderem in der Medizin üblich. Es werden bei der Analyse von Fehlern mehrere Aspekte, die zu einem Fehler geführt haben untersucht, um mögliche Sicherheitslücken im System zu entdecken. Dabei können verschiedene Kontrollebenen einen Fehler verhindern. Nach dem „Schweizer Käse-Modell“ von James Reason (Reason, 1990) (siehe Grafik 1.1) haben Fehler Systemcharakter. In jeder Kontrollebene können Lücken entstehen, wodurch „unerwünschte Ereignisse selten plötzlich geschehen, sondern eine Entwicklung hinter sich haben, die üblicherweise nicht durch ein einziges Individuum (den „Schuldigen“) verursacht wird.“ (Ollenschläger et al., 2002)

Die folgende Grafik 1.1 soll dieses Modell veranschaulichen und anhand von beispielhaften Ebenen sollen mögliche Fehlerquellen dargestellt werden, die während einer sonografischen Diagnose oder Intervention zusammentreffen können.

Grafik 1.1: „Schweizer-Käse-Modell“ zur Veranschaulichung der Einflüssebenen eines entstandenen Fehlers anhand des Beispiels eines sonografischen Fehlers

Quelle: Fotoshop mit Unterstützung von S. Catterfeld in Anlehnung an das Schweizer Käse Modell von J. Reason (Rall et al., 2001; Reason, 2000).



Wendet man das Modell von Reason auf das Beispiel der sonografischen Diagnostik an, wird deutlich, dass der Untersucher auf mehreren Ebenen einen Einflussfaktor darstellt, da er an mehreren Schnittstellen maßgeblich an der Befundinterpretation beteiligt ist. Er entscheidet, welchen Modus er wählt, welche Vorbefunde er zu seiner Diagnose hinzuzieht, wann die Untersuchung eines Organs ausreichend ist, inwieweit er sich mit seiner Diagnose festlegen möchte und wie exakt er die Dokumentation ausführt. Auf den Untersucher nehmen wiederum andere Ebenen Einfluss. So tragen z.B. seine Ausbildung, die Qualität des Gerätes und die klinische Anmeldung mit Fragestellung zu seiner sonografisch gestellten Diagnose bei.

Mehrere Autoren beziehen sich auf das erste traditionelle, ältere Fehlermodell und beschreiben, dass auf diese Weise noch häufig in den Krankenhäusern mit unerwünschten Ereignissen umgegangen wird, nennen es „falsch“ und fordern ein Umdenken zu einem systemorientierten Fehlermodell, wie es hier im zweiten Fehlermodell vorgestellt wurde. (Rall et al., 2001; Seifart, 2012; Koppenberg, 2012)

1.1.3 Umgang mit Fehlern

Für den Umgang mit einem entstandenen Fehler in der Medizin lassen sich drei Umgangsebenen zusammenfassen. Erstens gibt es den persönlichen „inneren“ Umgang des Arztes mit seinem Fehler (Protschka, 2012), zweitens die Kommunikation und Offenlegung eines Fehlers gegenüber dem Patienten (Loewenbrück, 2012) und drittens den Umgang mit einem unerwünschten Ereignis innerhalb der Abteilung bzw. unter den Kollegen (Rall et al., 2001).

Nicht nur für Patienten kann ein Behandlungsfehler mit Folgekonsequenzen verbunden sein. Auch Ärzte sind nach einem Vorfall emotional und psychisch belastet (Protschka, 2012). Um die Bedeutung eines Fehlers für den Arzt auszudrücken, prägte Albert Wu den Begriff „second victim“, der den Arzt aufgrund eines Behandlungsfehlers als zweites Opfer darstellt, wobei der Patient als „first victim“ benannt wird (Wu, 2000). In mehreren Studien wurde bereits auf die Auswirkungen von medizinischen Fehlern auf den Arzt als zweites Opfer aufmerksam gemacht (Seys et al., 2013). Es wurden bereits Belastungen seitens des Arztes wie Reue, Schuldgefühle, Verzweiflung, Einbüßen des Vertrauens auf eigene ärztliche Fähigkeiten, Schlafprobleme bis hin zu Depressionen und Angststörung untersucht und beschrieben (Protschka, 2012). Im Jahre 2008 brachte das „Aktionsbündnis Patientensicherheit e.V.“ eine Broschüre „Aus Fehlern lernen“ heraus, in welchem verschiedene Vertreter der Medizin und Pflege eigene Fehler aus der Vergangenheit offen legten und dabei auch über den Umgang mit dem Fehler, sowie über die eigenen Folgekonsequenzen berichteten (Hoppe et al., 2008). Darin wurden zum einen Selbstüberschätzung und „ärztlicher Egoismus“ beschrieben, zum anderen lebenslang erinnerbare, schwerwiegende Folgen eines Fehlers, Reaktionen von Patienten auf Offenlegung eines Fehlers, sowie gelernte Vermeidungsstrategien nach entstandenen Fehlern.

In einer Studie von Loewenbrück (Loewenbrück, 2012) wurden die Ansichten von Patienten und Ärzten zur Kommunikation von unerwünschten Ereignissen anhand von Fragebögen untersucht. Dabei nahm die Zustimmung zur Offenlegung eines Fehlers mit dem Schweregrad der Fehlerfolgen zu. Aufgrund verfügbarer Informationen zur Fehlerhäufigkeit wurde davon ausgegangen, dass jeder Arzt bereits einen oder mehrere Fehler begangen haben muss. Auf die Bitte an die Ärzte, einen eigenen Fehler aus der Vergangenheit zu schildern, gaben 2% der deutschen Ärzte an, nie einen Fehler begangen zu haben, sowie 9% der amerikanischen und 23% der japanischen Ärzte. Dies zeigte, dass die Länder sich in der Bereitschaft, Fehler offen zu legen unterscheiden, obwohl die Notwendigkeit einer Offenlegung von einer großen Mehrheit an Ärzten und Patienten in den untersuchten Ländern als wichtig angesehen wurde. Bei der Befragung zu erlebten Fehlern der eigenen Behandlung gaben 55% der deutschen Patienten an, nicht die vollen Informationen zum Hergang des Ereignisses erhalten zu haben. Von den Antworten der deutschen Ärzte dieser Studie stimmten 64% zu, sich mindestens einmal bei einem Patienten entschuldigt zu haben. Diese Studie unterstützt die Aussage von Schwappach, wonach Patienten eine eindeutige Aufklärung und Übernahme der Verantwortung seitens der Ärzte erwarten, was auch Ärzte als hilfreich erleben. In der Realität jedoch werden diese offenlegenden Situationen vom Fachpersonal zum Teil vermieden (Schwachapp, 2010).

Der Frage, ob sie häufig Informationen über unerwünschte Ereignisse bereits während des Studiums erhalten hatten, stimmten 14% der deutschen Ärzte zu; in den anderen Ländern war dieser Prozentsatz geringer (Loewenbrück, 2012). Daraus könnte man vermuten, dass die Thematisierung von Behandlungsfehlern in der Ausbildung verbessert werden könnte. Des Weiteren wurden in dieser Studie die erlebten Emotionen der Patienten untersucht. Dabei wurde deutlich, dass in einem Gespräch über die Offenlegung von Fehlern der Behandlung ambivalente Gefühle auf Seiten der Patienten bestanden. So empfanden Patienten zur Offenlegung von ärztlichen Fehlern Gefühle wie Schock Ärger, Furcht, aber auch Vertrauen, Erleichterung und Dankbarkeit. Zusammenfassend stellten Loewenbrück und Schwappach dar, dass seitens der Ärzte eine große Bereitschaft besteht, Fehler zu gestehen und dass Patienten solche Geständnisse generell als positiv interpretieren, sich jedoch eindeutige Worte, vollständige Informationen und die Übernahme von Verantwortung wünschen.

In einer Publikation über „innere“ Hürden eines effizienten Fehlermanagements beschrieb Seifart, dass Behandlungsfehler nicht immer vermeidbar, jedoch Ärzte schlecht auf solche vorbereitet seien (Seifart, 2012). Daraus geht hervor, dass im Krankenhaus ein Mangel an offener Kommunikation über Fehler besteht. Als Ursache dessen wurde der Berufsethos und der „Unfehlbarkeitsanspruch“ der Ärzte angeführt, sowie die Tatsache, dass im System „Krankenhaus“ Fehlern mit drohenden Strafen begegnet wird. Im Gegensatz dazu wäre es wünschenswert, dass Fehler durch ein Fehlermanagement wahrgenommen werden und dem Arzt daraufhin eine psychologische Betreuung und Reflexion angeboten wird. In der Arbeit kritisierte Seifart weiterhin, dass in der Medizin Fehler selten kritisch und systematisch in Bezug auf die Organisation analysiert werden, sondern vielmehr nach der traditionellen Methode der Fehlerkultur betrachtet und damit individuelles Verhalten als Ursache für unerwünschte Ereignisse angesehen werden. Auch Rall et al. drückten aus, dass es unzureichend sei, denjenigen zu verurteilen, der das letzte Glied der Fehlerkette darstellt (Rall et al., 2001).

Erste Maßnahmen zur Optimierung von Fehleranalysen und Präventionsmaßnahmen wurden in den letzten Jahren anhand von Fehlermeldesystemen entwickelt (Schmidt et al., 2012). Es wurden für verschiedene medizinischen Berufsgruppen und Patienten zugängliche Fernmelde- und Informationssysteme von Fehlern, Patientensicherheit und Handlungsempfehlungen eingerichtet, wie zum Beispiel das Aktionsbündnis-Patientensicherheit mit Gründung 2005 und CIRS (*Critical Incident Reporting System*) zur Meldung von kritischen Ereignissen innerhalb der Krankenhäuser.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in den letzten Jahren dem Umgang mit Fehlern in der aktuellen Literatur mehr Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Die Notwendigkeit wurde deutlich, bereits in der Ausbildung des Arztes den Umgang mit Behandlungsfehlern anzusprechen und solche in Supervisionen und Fehleranalysen innerhalb eines beruflichen Teams zu thematisieren.

Der Konsens aus den meisten Studien hebt hervor, dass ein offener Umgang mit Fehlern erwünscht ist, um daraus lernen zu können und Vermeidungsstrategien zu entwickeln.

1.1.4 Ziele für die Zukunft

Neben anderen Autoren formulieren Rall et al. Ziele für die Zukunft im Umgang mit medizinischen Fehlern (Rall et al., 2001). Sie empfehlen die Fehler zu nutzen, um die Ursachen zu detektieren und daraus Problemlösungsstrategien zu entwickeln. Diese können wiederum dazu beitragen, dass in Zukunft Fehler vermieden werden können.

Sie empfehlen auch leichtere Fehler ohne Schaden für Patienten bereits zu analysieren um daraus schweren Fehlern vorzubeugen. Des Weiteren wird die Zusage gefordert, dass durch die Meldung eines Fehlers dem betreffenden Mitarbeiter keine negativen Konsequenzen drohen.

Zusätzlich wäre es wünschenswert, wenn das Thema schon während der Berufsausbildung berücksichtigt wird (Lux R., 2012).

Schwappach empfiehlt das persönliche Gespräch mit dem Patienten nach einem unerwünschten Ereignis und weist darauf hin, dass ein Ausdruck von Bedauern und eine Entschuldigung auch für den Behandelnden die Zufriedenheit erhöht (Schwappach, 2010).

Offenere Kommunikation sollte innerhalb des Krankenhauses im Umgang mit Fehlern entstehen sowie ein Angebot an psychologischer Betreuung des Fachpersonals nach einem unerwünschten Ereignis (Seifart, 2012).

1.2 Stellenwert der Sonografie im diagnostischen Algorithmus

Der Ultraschall wird im klinischen Alltag breitflächig sowohl in Praxis und Klinik eingesetzt und stellt in vielen Fragestellungen die primäre Bildgebung dar: bei Oberbauchschmerzen (Labenz et al., 2015); Beinvenenthrombose (Habscheid, 2006), Peritonitis (Thees-Laurenz R et al., 2012), Pleuraergüssen (Reuss, 2010) und weiteren Fragestellungen.

Diese Basisdiagnostik zeichnet sich durch mehrere Vorteile aus, wie fehlende Strahlenbelastung, geringe Kosten, breite Verfügbarkeit und eine intensive Arzt-Patient-Beziehung.

Eine Studie zeigte, dass Patienten, die innerhalb der Notaufnahme eine sonografische Diagnostik erhalten hatten, insgesamt weniger Strahlung während ihres gesamten Krankenhausaufenthaltes ausgesetzt waren, als im Vergleich Patienten, die keine oder erst später eine Ultraschalldiagnostik erfahren durften (Smith-Bindman et al., 2014).

Die Kosten einer Basissonografie betragen je nach Auslastung und Gerätegüte zwischen 31,34 – 51,47€. Für eine CEUS (contrast enhanced ultrasound = Kontrastmittel-unterstützte Sonografie) liegen die Kosten je nach Literatur zwischen 105,91 - 171,39€ (Schuler et al., 2010; Nürnberg et al., 2008). Dazu im Vergleich belaufen sich die Kosten für eine Mehrphasen-Computertomografie auf 223,19€ (Giesel et al., 2009) und eine kontrastmittelgesteuerte MRT (Magnetresonanztomografie) des Schädels liegt bei 242,46€ (Schreyer et al., 2010). Somit ist die Ultraschalluntersuchung hinsichtlich des Kostenvergleiches die günstigste Variante.

Zusätzlich spielt der Ultraschall auch eine Rolle als Kommunikationsmedium. Durch den direkten Patientenkontakt während der Anwendung können schmerzhafteste Regionen gezielt untersucht werden und Diagnosen können direkt mit dem Patienten besprochen werden. Für den Patienten hat es den Vorteil, dass er nicht lange auf Befunde warten muss, was im Falle von malignen Differentialdiagnosen ihm und seinen Angehörigen eine zusätzliche psychische Belastung erspart. Diese „Diagnostik in real-time“ bringt mit sich, dass der Arzt seine verbale und non-verbale Kommunikation nicht vor einem Patientengespräch in Ruhe auswählen kann. Der Patient erfährt die unkorrigierte, erste Reaktion des Arztes auf den Befund.

Wie schon der Medizinethiker Prof. Dr. med. G. Maio formuliert hat, ist der Ultraschall ein Verschmelzen von Technik und Mensch in einer zwischenmenschlichen Beziehungssituation (Maio, 2014). Sie ist genauso abhängig vom Spürsinn, Sprachsinn, Tastsinn und der Erfahrung des Arztes, wie von der technischen Apparatur. Es ist eine lebendige Untersuchung, da sie nicht restlos standardisierbar ist, sondern auch immer mit einer individuell-persönlichen Art des Ab tastens und des Kommunizieren des Arztes einhergeht.

Durch neue Entwicklungen in den letzten Jahren, wie die kontrastmittelverstärkte Sonografie (CEUS), die Strain- und Scherwellen-Elastografie und die 4D-Darstellung ist es möglich, zusätzliche Informationen wie Vaskularisation, Steifigkeit und Funktionalität von Organen zu beobachten, was einen enormen Mehrertrag an Informationen mit sich bringt (Sidhu, 2015).

Insbesondere die kontrastunterstützte Sonografie gilt mittlerweile bei vielen Fragestellungen als Standardbildgebung, wie z.B. bei Abklärung von Leberläsionen (Bernatik et al., 2010; Claudon et al., 2013b); oder Pankreasläsionen (D'Onofrio et al., 2014), und sie verbessert die Einschätzung von Milzläsionen (Stang et al., 2011). Sie hilft bei der Suche nach malignen Lymphknoten (Rubaltelli et al., 2014) oder bei der Detektion von Verletzungen nach stumpfen Bauchtrauma (Cokkinos et al., 2012) und anderen Fragestellungen.

Des Weiteren weist die Sonografie im Screening von Lebermetastasen eine höhere Sensitivität auf, als ein Spiral-CT (Seemann et al., 1998). Bei der Diagnostik und Dignitätsbeurteilung von Leberläsionen zeigt die CEUS im Vergleich zur MRT und CT gleich hohe diagnostische Treffsicherheiten (Seitz et al., 2010; Seitz et al., 2009). Der Stellenwert der CEUS wird in regelmäßigen Konsensuskonferenzen der EFSUMP festgelegt.

Ein weiteres wichtiges Einsatzgebiet des Ultraschalls stellt die sonografische Diagnostik im Notfallbereich und auf Intensivstationen dar. In der Erstversorgung von Patienten in der Notaufnahme spielt der Ultraschall eine wesentliche Rolle. Eine frühzeitig eingesetzte Ultraschalluntersuchung kann überflüssige Krankenhausaufenthaltsdauer verkürzen und hat einen hohen Einfluss auf die Therapie, wie eine DEGUM Multicenter Studie zeigte (Schuler et al., 2011). Die Studie erfasste, dass 90,4% (1087/1203) der Patienten innerhalb der ersten 24 Stunden im Krankenhaus eine Ultraschalluntersuchung erhielten. Diese Kohorte hatte im Vergleich zu der Kohorte mit

späterer Ultraschalluntersuchung eine durchschnittlich kürzere Krankenhausverweildauer von 2,2 Tagen. Die frühzeitige Erstultraschalluntersuchung hatte in 97,6% Einfluss auf die Therapie, davon stellte sie in 51,8% die Indikation für die Therapie, sie konnte in 45,8% der Fälle Differentialdiagnosen ausschließen. Daraus lässt sich schließen, dass die Sonografie im Diagnoseprozess von großer Bedeutung ist. Eine der wesentlichen Säulen der Ultraschalldiagnostik stellt die ultraschallgesteuerte Intervention dar. Die Anwendung sonografisch gesteuerter Interventionen kann therapeutische Möglichkeiten bieten in den Bereichen Pleuraergüsse, Aszites und liquide Raumforderungen (Bergert et al., 2004). Dabei kann sie mit komplikationsarmen Prozeduren überzeugen (Holm et al., 1996; Strobel et al., 2013). Aber auch die diagnostische Gewinnung von Gewebe oder Flüssigkeiten trägt zur Planung von Behandlungsstrategien bei (Simanowski J., 2006). Dazu ist dieses Verfahren mit niedrigem zeitlichem Aufwand verbunden (Sheafor et al., 1998). Limitationen der Sonografie sind hinreichend bekannt.

1.3 Grundlegende Faktoren der Fehlerursachen im Ultraschall

Unterschiedliche Faktoren können den „sonografischen Diagnoseablauf“ beeinflussen und Ursachen für potentielle Fehler sein. Eine potentielle Fehlerklassifikation wurde nach folgenden Gesichtspunkten durchgeführt:

1. Fehler bedingt durch falsche oder unzureichende Geräteeinstellung und – Handhabung
2. Fehler aufgrund von Patienten-bedingten Einschränkungen
3. Fehler bedingt durch äußere Faktoren (Zeitdruck, Übermüdung, Arbeitsüberlastung, fehlende oder falsche klinische Fragestellung, fehlende Anamnese, fehlende zweite Bildgebung)
4. Fehler aufgrund von sonografischer Unkenntnis und Unerfahrenheit des Untersuchers

1.3.1 Falsche Geräteeinstellung und Gerätehandhabung

Die häufigsten vermeidbaren Ursachen für Fehler in der Sonografie basieren auf fehlerhafter Handhabung des Gerätes (Görg, 2015; Dietrich et al., 2014a). Die inkorrekte Handhabung des Ultraschallgerätes korreliert stark mit der Erfahrung des Untersuchers und führt bei Kollegen in Aus- und Weiterbildung zu Fehlern.

Des Weiteren ist die fehlerfreie Ultraschalluntersuchung abhängig von der Qualität und dem Alter des Gerätes (Pfundzelter et al., 2012). Dazu bedarf es der regelmäßigen Wartung der Apparatur, die nach der Ultraschall-Vereinbarung der KBV vom 31.10.2008 festgelegt wurde (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2009). Für die technische Qualitätssicherung wurden Leitlinien vom EFSUMB im April 2012 beschlossen (Kollmann et al., 2012).

Die Ergiebigkeit eines Ultraschallgerätes ist außerdem abhängig von seiner technischen Qualität, wie ein Vergleich eines einfachen tragbaren Gerätes mit einem High-End Gerät schlussfolgerte, wodurch Limitationen eines einfachen tragbaren Gerätes deutlich wurden (Seitz et al., 2003).

Die Ultraschalluntersuchung beginnt mit der richtigen Einstellung des Gerätes. Hierzu gehört die Fokuseinstellung, Gesamtverstärkung (Sendeintensität), Tiefenausgleich (Empfangsverstärkung) und die Monitoreinstellung angepasst an die Raumhelligkeit (Schmidt et al., 2015). Unzureichende Geräteeinstellungen sind oftmals Ursache für Artefakte sowohl in der B-Bild Sonografie, als auch unter Verwendung der CEUS und können Ursache von unsicheren Befundinterpretationen oder falschen Diagnosen sein (Dietrich et al., 2014a; Rosenberg et al., 2012).

Die Auswahl der Applikator-(Scanner)-Form soll sich nach der zu untersuchenden Organregion richten um damit Fokussierung und Schallfeldcharakteristik entsprechend zu nutzen. Für einen optimalen Gebrauch des Scanners ist es notwendig, dass vollständiger Kontakt zur Körperoberfläche während der Untersuchung gewährleistet ist. Man unterscheidet drei generelle Scanner-Typen, die sich hinsichtlich der Geometrie des Bildes und der Schalleintrittsfläche unterscheiden.

Der Linearscanner (Linear-Arrays) bewährt sich durch seine lineare Anordnung der Wandlerelemente. Diese führt zu einer geometrietreuen Anwendung mit einer großen Auflagefläche. Er ist bevorzugt für Abbildungen von oberflächlichen Strukturen wie Gefäße und Lymphknoten sowie kleinerer Organe wie die Schilddrüse und Hoden zu verwenden.

Der Konvexscanner (Curved-Arrays) führt aufgrund der kreisbogenartigen und fächerförmig auseinanderlaufenden Anordnung der Wandlerelemente zu einer größerflächigen Bilddarstellung im Tiefenbereich. Er bietet eine tiefer liegende Abbildung von Gewebe, wobei die Liniendichte mit Abstandzunahme zum Schallkopf abnimmt. Dieser Scanner-Typ ist besonders geeignet für tiefere abdominelle Anwendungen.

Der Sektorscanner (Phased-Arrays) hat ein sehr kleines Schalleintrittsfenster, wobei sich die Ultraschallimpulse radial ausbreiten. Auch hier nimmt die Liniendichte mit zunehmender Bildtiefe ab. Diese Eigenschaft ermöglicht besonders die Anwendung im Thoraxbereich, da das Blickfeld sehr gut zwischen den Rippen hindurch gewährleistet wird. Dieser Scanner-Typ ist weniger geeignet im absoluten Nahfeldbereich. Die Auswahl der Sonde (und bei breitbandigen Wandlern zusätzlich die Einstellung der Frequenz) stellt für den Anwender immer einen Kompromiss zwischen erreichbarer Ortsauflösung und Eindringtiefe dar (Schmidt et al., 2015; Jenderka, 2013).

Ebenso ist die Qualität der Sonden zu beachten. Ab fünf ausgeschalteten piezoelektrischen Elementen eines Arrays (bei einer Gesamtanzahl von 128 Wandlerelementen des C5-2/60 Convex Transducer oder L9-4/38 Linear Transducer) sind Beeinträchtigungen des Bildes feststellbar, wie eine Ministudie zur technischen Qualitätskontrolle auf dem Dreiländertreffen in Davos 2012 zeigte (Rosenfeld et al., 2013).

Eine weitere Einstellung des Gerätes betrifft die Auswahl des Modus.

Möglichkeiten der Artefaktbildung und Limitationen sind in jedem Modus vorhanden und sollten vom Untersucher bewusst erkannt und eingesetzt werden.

Der B-Bild Modus ist die Standardauswahl zu Beginn einer jeden Ultraschalluntersuchung. Sie eignet sich um einen Überblick über die Beschaffenheit der Organstrukturen zu schaffen. Es sind zahlreiche Artefakte dieses Modus bekannt und beschrieben, welche auch in den anderen weiterführenden Modi auftreten können (Schmidt et al., 2015; Dietrich et al., 2014a; Bönhof et al., 1984a; Heyne, 2000; Bönhof et al., 1984b; Pochhammer et al., 1984).

Mit der FDS (Farbkodierte Duplex Sonografie) kann die räumliche Verteilung des Blutflusses sowie die Strömungsrichtung dargestellt werden. Vaskularisation von Gewebe, Perfusionsvorgänge und Stenosen können dadurch sichtbar gemacht werden. In bestimmten Fällen ist durch die FDS eine Dignitätszuordnung von Raumforderungen möglich (Schmidt et al., 2015). Auch im Falle dieser Methode sind Artefakte möglich,

die meistens mit B-Bild Phänomenen der Artefaktbildung übereinstimmen, wie z.B. das Spiegelartefakt oder Schichtdickenartefakt. Schallschattenphänomene können Stenosen vortäuschen, Weichteilpulsation kann zu einer Fehlbeurteilung von langsamen Strömungen führen. Folglich ist nicht immer davon auszugehen, dass vorhandene Strömungen eindeutig lokalisierbar sind (Arning, 1997).

Die Kontrastmittelsonografie dient der Detektion und Charakterisierung von Läsionen ab einer Größe von 3-5mm (Claudon et al., 2013a). Sie basiert auf dem Prinzip der Reflexion des Schallsignals von gasgefüllten Mikrobläschen, die eine Erhöhung der Echogenität und Verstärkung der Dopplersignalintensität bewirken (Schlief et al., 1996). Die Darstellung der Signale beruht auf der Interaktion der Mikrobläschen des Kontrastmittels und der Ultraschallwellen. Hier können fehlerhafte Geräteeinstellungen (Sendeleistung, Bildrate, Fokuszone, etc.) Ursache für Artefakte sein, die zu Fehldiagnosen führen können. Zum Beispiel kann hoher Schalldruck oder zu lange Beschallungsdauer zu einer Zerstörung der Mikrobläschen führen, was ein frühes Auswaschen des Kontrastmittels vortäuschen kann. Ein zu niedriger mechanischer Index (Ausgangsleistung bzw. Sendeenergie) verringert die Eindringtiefe, sodass die Schwierigkeit darin besteht, hier die Balance zwischen schallkopfnaher Mikrobläschenzerstörung und schwachen Signalen der tieferen Regionen zu finden (Dietrich et al., 2014a). Aus diesem Grund ist es ratsam, die Mikrobläschen während der CEUS nicht permanent den Ultraschallwellen auszusetzen, sondern in festgelegten intermittierenden Zeiträumen die Anreicherung des Kontrastmittels zu untersuchen (Dietrich et al., 2014a), welche durch WFUMB- und EFSUMB-Leitlinien nahegelegt werden (Claudon et al., 2013a; Claudon et al., 2013b).

Ein zusätzliches Mittel der Ultraschalldiagnostik stellt die Kompressionssonografie dar, welche die mechanischen Eigenschaften des Gewebes unter variierendem Druck nutzt, und dadurch Informationen über die Festigkeit von Gewebe erhält (Bamber et al., 2013). So hilft sie als nicht-invasive Methode z.B. bei Lebererkrankungen zwischen milder Fibrose und Leberzirrhose zu unterscheiden; kann die Diagnosesicherheit für die benigne oder maligne Natur einer Läsion erhöhen, insbesondere für oberflächlich liegende Knoten wie z.B. der Brust oder der Schilddrüse und durch Druckausübung lassen sich echofreie Raumforderungen in Echtzeit auf Fluktuation untersuchen. Des Weiteren lässt sich mit dieser Methode die Kontraktilität des Magen-Darm-Traktes überprüfen und Darmwandläsionen auf Beweglichkeit und Derbheit testen. Sie eignet

sich als ergänzende Charakterisierung von Lymphknoten und Pankreasläsionen (Cosgrove et al., 2013).

1.3.2 Patientenbedingte Einschränkungen

Um eine möglichst gute Sicht in der Ultraschalluntersuchung zu haben, gibt es wenige Regeln in der Vorbereitung des Patienten zu beachten. Generell ist ein gewisses Maß an Kooperation des Patienten notwendig, zumindest sollte ruhiges Liegen oder Sitzen möglich sein. Er sollte vorher möglichst kein Gas insuffliert, oder Barium für eine radiologische Kontrastdarstellung appliziert bekommen haben, da diese die Schallausbreitung stören. Um eine gute Darstellung mancher Organe wie z.B. Gallenblase und Pankreas zu gewährleisten, sollte der Patient vor der Untersuchung nüchtern sein (Kujat et al., 1983). Eine gefüllte Harnblase ist eine Voraussetzung für eine gute Orientierung und korrekte systematische Untersuchung des kleinen Beckens (Schmidt et al., 2015). Einschränkungen der sonografischen Untersuchung können durch Adipositas und Darmgas hervorgerufen werden (Kujat et al., 1983). Das bedeutet, dass bei manchen Patienten mit großem Bauchumfang z.B. durch Aszites oder Fettleibigkeit, die Eindringtiefe der Ultraschallwellen nicht ausreichend ist um eine qualitative Aussage über tiefer liegende Organen treffen zu können. Luft- und Flüssigkeitsansammlungen im Abdomen können ebenfalls eine adäquate Bildgebung verhindern (Cokkinos et al., 2008). In manchen Fällen können Luft oder Gas jedoch auch wegweisend sein, wie bei Perforationen, Abszessen, Darmfisteln und anderen Diagnosen (Seitz, 2007; Görg, 2002).

Des Weiteren ist bekannt, dass sich manche Organregionen im Ultraschall schwieriger darstellen lassen. Allerdings werden diese in der aktuellen Forschung kaum beschrieben. In der Leitlinie für CEUS der Leber wird das subdiaphragmal gelegene Segment VIII der Leber als schwer einsehbar deklariert (Claudon et al., 2013a). Für manche Indikationen kann die Sonografie als bildgebende Methode generell keine ausreichende Diagnostik bieten. So ist z.B. im Falle von entzündlichen Darmerkrankungen zu berücksichtigen, dass nicht der gesamte Darmverlauf beurteilbar ist (Dietrich et al., 2014b). Die Thoraxsonografie ist durch das Thoraxskelett und den Luftgehalt Hindernissen ausgesetzt, aufgrund von Schallauslöschung und Schalldämpfung. Sie dient der Differentialdiagnostik und Verlaufsbeobachtung vor

allem von Pleuraläsionen und Lungenparenchymerkrankungen, als Primärdiagnostik wird sie in diesem Bereich nicht eingesetzt (Dietrich et al., 2003; Mathis, 1997). Das bedeutet vor der Handhabung des Gerätes, sollte dem Untersucher die Aussagekraft der Sonografie über gewisse Fragestellung bewusst sein.

In manchen Fällen führen bestimmte Krankheitsbilder, Anomalien oder Eigenschaften der Organe des Patienten zu Unsicherheiten der Befundinterpretation.

Bei jungen, untergewichtigen Frauen zeigte sich in einer Studie mit einer Population von >10.000 Patienten nach Anwendung der CEUS bei 13 Patienten eine prolongierte Anreicherung von Kontrastmittel in der Leber. Es zeigte sich, dass dieses Phänomen häufiger bei jungen untergewichtigeren Frauen nach mehrfacher Kontrastinjektion auftrat. Dieses prolongierte Kontrastmittel kann die Befundinterpretation zu einer Fehldiagnose einer Leberpathologie hinleiten (Cui et al., 2014).

Im Falle von Luftansammlungen in Darmschlingen, Leber- oder Milzkapselverkalkungen können zu Verwechslungen mit freier Luft im Abdomen führen (Görg, 2002).

Große Harnblasendivertikel können mit paravesikalen Zysten verwechselt werden, oder eine asymmetrische Harnblasenwand kann Malignität vortäuschen (Schmidt et al., 2015).

In ausgeprägten Fällen kann im Befundbericht vermerkt werden, dass schwierige Schallbedingungen vorherrschen, sodass Diagnostiker die Aussagekraft des Ultraschallbefundes besser einschätzen können. Es ist anzunehmen, dass sich patientenbedingte Einschränkungen in den meisten Fällen der sonografischen Anwendung nicht vermeiden lassen.

1.3.3 Äußere Faktoren

Ein dritter Faktor mit Einfluss auf die Entstehung von Fehlern bezieht sich auf äußere Faktoren. Die Ruhe und Konzentration des Untersuchers kann durch Hektik im Ultraschall-Labor möglicherweise durch Mitarbeiter, Unterbrechungen der Anwendung aufgrund von Telefonaten oder Fragen beeinträchtigt werden. Zeitmangel aufgrund von vielen Untersuchungsanmeldungen und Warteschlangen vor dem Untersuchungsraum führen vermutlich zu einer Eile des Untersuchers, da er sich genötigt fühlen könnte schneller Entscheidungen treffen zu müssen. Die jeweiligen aktuellen Bedingungen, ob

der Raum genügend abgedunkelt ist, wie die „Tagesform“ des Untersuchers ist, ob ihm Arbeitspausen eingeräumt wurden um seine Konzentration aufrecht zu erhalten, spielen ebenso eine Rolle um einen störungsfreien Untersuchungsablauf zu gewährleisten (Bonhof et al., 1986).

Die klinische Anmeldung der Ultraschalluntersuchung wird in dieser Fehleranalyse als ein weiterer äußerer Faktor betrachtet, da darin die Untersuchungsindikation sowie Hintergrundinformationen über den Patienten enthalten sein sollen. Da im IDUZ der Untersucher nicht gleichzeitig der behandelnde Arzt ist, wird sich auf den vorhergehenden Untersuchungs- und Anamneseprozess des Patienten verlassen. Sicherlich gehört zu der Stärke des Ultraschalls, dass noch während der Anwendung Informationen direkt vom Patienten gewonnen werden können, jedoch ist dies nicht als genereller Bestandteil geplant.

In einer amerikanischen Studie konnte anhand der Befundung von Röntgenbildern des Thorax gezeigt werden, dass die klinische Vorgeschichte einen Einfluss auf die visuelle Suche in der Radiologie hat (Berbaum et al., 1993). Die Trefferquote der radiologischen Diagnostik konnte durch klinische Angaben erhöht werden. Jedoch wurde aus der Studie nicht deutlich, ob im Umkehrschluss auch die Gefahr für Fehlinterpretationen aufgrund mangelhafter Anamnese und fehlenden Informationen bestand.

Des Weiteren wurde von Oestman et al. der Fehler durch „Tunnel Vision“ beschrieben. Dabei handelt es sich um falsch positive Befundinterpretationen von radiologischen Befunden aufgrund von Fixierung auf die Anamnese. Allerdings ist dieses Phänomen bisher nur wenig bekannt (Oestmann, 2002; Swensson et al., 1985; Swensson, 1988).

Die klinische Hintergrundinformation scheint nicht notwendiger Weise grundlegend für die Ultraschalldiagnose zu sein, da die Ultraschalluntersuchung häufig mit Zufallsbefunden einhergeht, also einem Befund, der von der Untersuchungsindikation losgelöst ist (Görg et al., 2014). Ebenso ist die Sonografie auch bei ungerichteten Beschwerdesymptomen wie unklarem Fieber in der Lage, eine Diagnose zu stellen (Görg et al., 2009). Aus diesen kontroversen Einflüssen der klinischen Anamnese, also zum einen ihre diagnostische Wegweisung und zum anderen ihre diagnostische Fixierung, wurde vorgeschlagen, zuerst die Suche ohne klinische Angaben zu überblicken und danach eine zielgerichtete Analyse nach klinischem Hintergrund vorzunehmen (Oestmann, 2002). Jedoch bezog sich diese Empfehlung auf bildgebende

Verfahren der Radiologie. Ob dies auch für die Sonografie geltend gemacht werden kann, bleibt fragwürdig.

Neben der klinischen Anmeldung ist es üblich, Vorbefunde zur aktuellen Diagnostik hinzu zu ziehen, um Pathologien aufzuspüren und eine Progredienz oder Regression zu diagnostizieren. Jedoch findet dies im Ultraschall lediglich in schriftlicher Form statt, da Ultraschallbilder digital nicht routinemäßig gespeichert werden und archivierte Akten mit ausgedruckten und abgehefteten Ultraschallbildern in der Praxis kaum zur Bewertung aktueller Befunde zur Verfügung stehen. So spielt die Dokumentation, die exakte Beschreibung von Lokalisationen und Größenverhältnissen von Befunden, eine wesentliche Rolle für nachfolgende Untersuchungen. An dieser Stelle lässt sich eine mögliche Fehlerquelle vermuten, die durch den aktuellen Untersucher nicht beeinflussbar ist.

1.3.4 Erfahrung des Untersuchers

Wenn man davon ausgeht, dass Irren menschlich ist, dann stellt der Untersucher als Mensch eine nicht kalkulierbare Fehlerquelle dar. So besteht die Möglichkeit, dass manche Fehler auf Unkonzentriertheit oder nicht nachvollziehbaren Fehlhandlungen oder Entscheidungen basieren.

In der Radiologie wurden Fehlinterpretationen von Befunden nach Phänomenen untersucht, um Ursachen von Fehlern zu erklären. Ein Phänomen wird als „satisfaction of search“ oder die „vorzeitige Befriedigung des Suchinstinktes“ bezeichnet. Es tritt auf, wenn eine Läsion dem Betrachter entgeht, aufgrund einer vorher entdeckten anderen Läsion (Kathol et al., 1990). Dieses Phänomen wurde anhand von Befunden von Röntgenbildern des Thorax beobachtet. Ob „satisfaction of search“ auch in der Sonografie existiert wurde in der aktuellen Studienlage bisher nicht überprüft. Es ist vorstellbar, dass eine sonografisch dargestellte Pathologie den Untersucher dahingehend beeinflusst, dass er andere Formationen übersieht.

Des Weiteren spielt die Erfahrung des Untersuchers eine wesentliche Rolle für die Entstehung von Fehldiagnosen wie bereits eine Studie nach einem direkten Vergleich anhand Referenzsonografien zeigte (Heese et al., 2006). Um diese Erfahrung und damit auch Wertigkeit des Ultraschallbefundes einschätzen zu können, wurde 2008 von der DEGUM ein 3-Stufen-Konzept verabschiedet (DEGUM, 2003). Untersucher der Stufe I

sollen die Basis Sonografie des Abdomens beherrschen, und häufige internistische Krankheitsbilder erkennen sowie in der Lage sein, Situationen einschätzen zu können, in welchen weitere Bildgebung oder einer Referenzsonografie hinzuziehen ist (DEGUM, 2015). Sie müssen über einen Zeitraum von zwei Jahren 800 absolvierte Ultraschalluntersuchungen bzw. 400 pathologische Befunde vorweisen können und jährlich mindestens 400 Untersuchungen durchführen. In DEGUM Stufe II wird bereits Facharztwissen vorausgesetzt. Untersucher der Stufe II sollen in der Lage sein Referenzsonografien durchzuführen. Sie haben Erfahrungen an mindestens 6.000 Ultraschalluntersuchung bzw. 3.000 pathologischen Befunden gesammelt, sowie eine entsprechende Prüfung absolviert. Die dritte Stufe der DEGUM repräsentiert die höchste Qualitätsstufe des Ultraschalluntersuchers und wird erreicht, ab 10.000 eigenverantwortlich durchgeführten Untersuchungen bzw. 5.000 pathologischen Ultraschallbefunden bei einer jährlich durchgeführten Untersuchungsfrequenz von 1.500 Ultraschallanwendungen. Untersucher der Stufe III sind als Kursleiter tätig, in Didaktik geschult und gestalten die Ausbildung der Stufen I und II (Hofer et al., 2002).

Die Ausbildung der praktischen Fertigkeiten und theoretischen Grundlagen des Ultraschalls sind häufig Gegenstand aktueller Publikationen. Es wurden verschiedene Unterrichtsmodelle entworfen. Zum Beispiel führte das Trainieren der Ultraschallanwendung an Simulatoren zu einer Verbesserung der praktischen Übungsmöglichkeiten als auch zu einer hohen Akzeptanz der Kursteilnehmer und formte den Wunsch nach mehr Integration von simulationsbasierten Ausbildungssystemen in der Lehre der Ultraschallanwendung (Holtmann et al., 2010; Terkamp et al., 2003; Judmaier, 2003). Die Vermittlung von Ultraschallartefakten im B-Bild wurden anhand eines E-Learning Programmes erprobt, welches interaktives Wissen zum Selbststudium anbot (Kollmann et al., 2015). Auch das Einbringen von studentischen Tutoren als Unterstützung der Ausbildung bereits während des Medizinstudiums wurde getestet und zeigte zum Erlernen grundlegender Aspekte der Ultraschallanatomie vergleichbare Erfolge wie bei Ultraschall-erfahrenen Ärzten als Dozenten (Celebi et al., 2012). Ein weiteres Lehrkonzept beinhaltete das Erlernen wichtigster notfallsonografischer Differentialdiagnosen im Medizinstudium, welches im Rahmen einer OSCE-Prüfung (objective structured skill examination) gefestigt wurde (Recker et al., 2015; Hofer et al., 2011).

Da es bisher nur wenige Universitäten gibt, die eine umfassende Ultraschallehre in das Curriculum des klinischen Studiums einbringen (Recker et al., 2014), wird in der Literatur die Notwendigkeit eines frühen fundierten Ausbildungsprogrammes für Studenten und Assistenzärzte mit Supervisionen durch erfahrene sonografische Ärzte beschrieben (Seitz, 2011).

Für die Notfallsonografie wurde 2008 das Ausbildungskonzept E-FAST (extended Focused Assessment with Sonography for Trauma) entworfen, welches sechs Ziele beinhaltet um algorithmusorientierte Untersuchungen im Notfallbereich zu etablieren. Dabei handelt es sich um das Erlernen von Basiskenntnissen der korrekten Bildgebung und Befundinterpretation, speziell für Notfallfragestellungen wie Hämatooperitoneum, Hämatooperikard, Hämatothorax und Pneumothorax, sowie um die fokussierte Sonografie für häufig gestellte Fragen wie Aortenaneurysma, Gallensteine, Nierenstau, Venenthrombose und Herzdimensionen (Osterwalder et al., 2011). Durch die Recherche aktueller Literatur wird deutlich, dass es nicht an Konzepten mangelt, jedoch an Ausbildern, Zeit und Supervisionen im klinischen Alltag (Seitz, 2012).

2 Patienten und Methoden

2.1 Studienaufbau

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Auswertung von Patientendaten im Zusammenhang mit festgestellten, fehlerhaften Ultraschall Diagnosen und Ultraschall Interventionen. Sämtliche fehlerhafte Ultraschall Diagnosen und fehlerhafte Ultraschall Interventionen wurden von Prof. Dr. med. C. Görg (CG) gemacht, bemerkt und über einen Zeitraum von sieben Jahren im Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Marburg, dokumentiert. CG ist seit über 35 Jahren auf dem Gebiet der Ultraschalldiagnostik tätig, Leiter des interdisziplinären Ultraschallzentrums Marburg und hat seit 15 Jahre Erfahrung in der kontrastmittelunterstützten Sonografie.

Das Ziel der Studie war es, die entstandenen diagnostischen und interventionellen Fehler eines Untersuchers der Qualitätsstufe DEGUM III (*Seminarleiter der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin*) im Hinblick auf Fehlerursachen und Art der Fehler zu beschreiben und zu analysieren. Dafür wurden die Daten des Krankenblattarchivs der Inneren Medizin der Funktionsdiagnostik des interdisziplinären Ultraschall-Labor und der krankenhausinternen Software ORBIS der Philipps-Universität Marburg genutzt.

2.2 Patientenkollektiv

Im Zeitraum 27.03.2006 bis 16.03.2013 wurden bei n=248 Patienten mit verschiedenen Krankheitsbildern nach primärer Untersuchung im diagnostischen und klinischen Krankheitsverlauf ein Fehler in der Ultraschalldiagnostik oder in der ultraschallgesteuerten Intervention bemerkt und dokumentiert.

Die Patienten befanden sich während ihrer Behandlung in stationärer oder ambulanter Behandlung verschiedener Fachabteilungen.

2.2.1 Definition der Einschlusskriterien

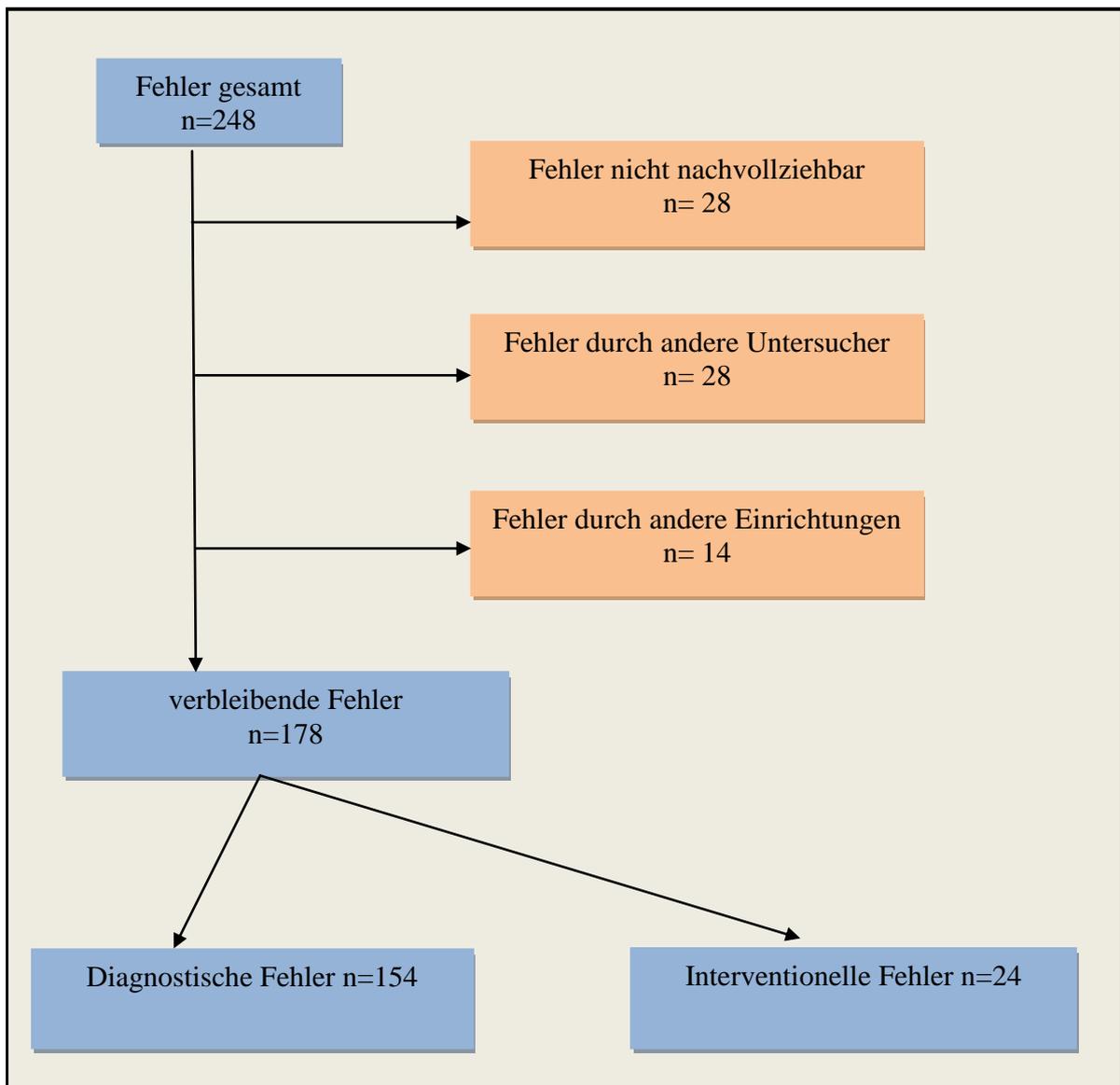
1. Es erfolgte eine Sonografie im Ultraschall-Labor der Inneren Medizin der Universitätsklinik Marburg durch CG im Zeitraum 03/2006 - 03/2013
2. Nachweis einer Fehldiagnose durch:
 - Histologische Diagnosesicherung
 - Andere Bildgebung
 - Klinischer und sonografischer Verlauf
3. Nachweis einer Intervention assoziierten Komplikation

2.2.2 Definition der Ausschlusskriterien

1. Fehler waren anhand der Aktenvermerke nicht nachvollziehbar
2. Fehler erfolgten durch andere Untersucher als CG
3. Fehler erfolgten in anderen Einrichtungen, nicht im interdisziplinären Ultraschallzentrum (IDUZ) der Philipps-Universitätsklinik Marburg

Insgesamt wurden n=248 Fehler erfasst, von denen wiederum n=70 ausgeschlossen wurden (siehe Grafik 2.1, S.24). Die verbliebenen n=178 Fehler wurden in die zwei Gruppen unterteilt: n=154 diagnostische Fehler und n=24 interventionelle Fehler. Die retrospektive Auswertung erfolgte nach den Richtlinien der lokalen Ethik Kommission.

Grafik 2.1: Gruppeneinteilung und Ausschlusskriterien der n=248 gesammelten sonografischen Fehler



2.3 Untersuchungen

Die sonografischen Untersuchungen erfolgten durch Ultraschallgeräte der Firma Acuson Sequoia GI, Siemens Medical Solutions USA, Inc. Ultrasound Division, Mountainview, USA.

2.4 Diagnostische Fehler

Die klinischen und sonografischen Daten wurden retrospektiv anhand eines Erfassungsbogens erhoben. (Tabelle 2.1)

Tabelle 2.1: Erfassungsbogen der n=154 diagnostischen Fehler

Erfassungsbogen diagnostische Fehler (n=154)	
1. Diagnosesicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Histologische Diagnosesicherung • Klinischer und sonografischer Verlauf • Andere Bildgebung
2. Geburtsdatum, Alter und Geschlecht des Patienten Zeitpunkt der Ultraschalluntersuchung	
3. Klinische Anmeldung des Ultraschalls ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Klinische Diagnose vorhanden • Korrekte Fragestellung vorhanden • Zu untersuchende Organe korrekt angekreuzt
4. Untersuchungstechniken ²	<ul style="list-style-type: none"> • B-Bild-Sonografie • FDS = Farbkodierte Duplex Sonografie • CEUS = Kontrastmittel unterstützte Sonografie
5. Untersuchte Organregionen mit realer Pathologie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Thorax 2. Extremitäten 3. Hals 4. Oberbauch: Leber, Pankreas, Milz, Niere, Nebenniere, Omentum 5. Unterbauch: Darm, Aorta und paraaortale Region, Leiste, Beckenorgane, Aszites
6. Befundbeschreibung des Untersuchers	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pathologischer Befund wurde nicht erkannt und nicht beschrieben 2. Pathologischer Befund wurde beschrieben ohne Diagnosestellung 3. Pathologischer Befund wurde beschrieben und Diagnose wurde gestellt

4. Wurden schlechte Schallbedingungen vermerkt?
7. Zeitliche Faktoren ³ – Wochentag und Uhrzeit der Untersuchung
8. Einteilung der Fehler <ul style="list-style-type: none"> • Majorfehler = mit Folgekonsequenz für den Patienten <ul style="list-style-type: none"> A Nicht indizierte Biopsie aufgrund einer Fehldiagnose B Nicht indizierte Operation bedingt durch Fehldiagnose C Ausbleiben der korrekten Therapie D Versterben • Minorfehler = ohne auswertbare Konsequenz für den Patienten
9. Definitive Diagnosen und Fehldiagnosen
10. Vermeidbarkeit der Fehler <ul style="list-style-type: none"> • Nicht vermeidbar = Wenn der Untersucher nach bestem Wissen gearbeitet hat, sowie notwendige Moduseinstellungen hinzugezogen hat und dennoch mit seiner Diagnostik im Irrtum lag. • Vermeidbar ⁴ = Wenn vorangegangene Verfahrensfehler oder die Wahl des Modus den sonografischen Fehler hätten verhindern können. Wenn retrospektiv Unachtsamkeit des Untersuchers vermutet werden konnte, oder er möglicherweise durch eine zweite Läsion in der fehlerhaften Ultraschalluntersuchung abgelenkt wurde.

¹ Die Anmeldung für eine Ultraschalluntersuchung erfolgte durch die Kliniker im Zeitraum 03/2006 – 03/2012 anhand eines analogen Bogens (siehe Abb. 2.1 S.27). Seit 03/2012 wird die Anmeldung in digitaler Form via Intranet der Klinik ausgefüllt. Im digitalen Formular ist es ebenso möglich die klinische Diagnose des Patienten einzutragen, eine Fragestellung zu äußern und Organe anzukreuzen. Die Auswahlmöglichkeit der Organe, für welche eine Ultraschalluntersuchung angefordert werden sollte, hatte sich hier um die zwei folgenden Organregionen erweitert: „Darm“ und „Lymphknoten“.

Einige dieser Anforderungen waren im analogen und digitalen Archiv nicht auffindbar und waren daher retrospektiv nicht auswertbar.

² Während einer Ultraschalluntersuchung konnte eine Methode genutzt werden, oder mehrere Methoden. In solchen Fällen wurde jene Methode gezählt, welche zu einer genaueren Beurteilung des Befundes führte.

³ Der Untersucher hatte in den sieben Jahren folgende Dienstzeiten im Ultraschallzentrum:

Montags und Mittwochs	7:30-16:00 Uhr
Dienstags und Donnerstags	11:00-16:00 Uhr
Freitags	7:30-14:30 Uhr

⁴ Die Auswertung der Vermeidbarkeit der Fehler ist hypothetisch zu betrachten.

Abb. 2.1: Klinische Anforderungsformular einer Ultraschalluntersuchung der Universitätsklinik Gießen Marburg, Standort Marburg; bis 03/2012

(Quelle: Fotokopie aus dem Archiv der Universitätsklinik Gießen Marburg, Standort Marburg)

KLINISCHE DIAGNOSE:

FRAGESTELLUNG:

Bitte einzeln ankreuzen:

LEBER <input type="checkbox"/>	NIEREN <input type="checkbox"/>	HARNBLASE <input type="checkbox"/>	SCHILDRÜSE <input type="checkbox"/>
GALLENBLASE/ GALLENWEGE <input type="checkbox"/>	NEBENNIEREN <input type="checkbox"/>	PROSTATA/ SAMENBLASEN <input type="checkbox"/>	NEBENSCHILD- DRÜSEN <input type="checkbox"/>
PANCREAS <input type="checkbox"/>	AORTA <input type="checkbox"/>	HODEN <input type="checkbox"/>	SPEICHEL- DRÜSEN <input type="checkbox"/>
MILZ <input type="checkbox"/>	LYMPHOME <input type="checkbox"/>	UTERUS/ OVARIEN <input type="checkbox"/>	HALSREGION <input type="checkbox"/>
			THORAX <input type="checkbox"/>

2.5 Interventionelle Fehler

Die klinischen und sonografischen Daten wurden retrospektiv anhand eines Erfassungsbogens erhoben (Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Erfassungsbogen der n=24 interventionellen Fehler

Erfassungsbogen interventionelle Fehler (n=24)	
1. Diagnosesicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Histologische Diagnosesicherung • Klinischer und sonografischer Verlauf • Andere Bildgebung
2. Geburtsdatum, Alter und Geschlecht des Patienten Zeitpunkt der Ultraschalluntersuchung	
3. Klinische Vorbereitung zur Intervention:	<ul style="list-style-type: none"> • Unterschriebene Aufklärung der Patienten lag vor • Gerinnung war adäquat (Thrombozyten > 50.000/μl ; Quick > 50%)
4. Art der Interventionen	<ul style="list-style-type: none"> • Stanzbiopsie ¹: 18 Gauge (Außendurchmesser: 1,3mm) • Therapeutische Ergusspunktion ²: 14 Gauge (Außendurchmesser: 2,2mm)
5. Organregion der Intervention	<ul style="list-style-type: none"> • Thorax • Extremitäten • Hals • Oberbauch: Leber, Pankreas, Milz, Niere, Nebenniere, Omentum • Unterbauch: Darm, Aorta und paraaortale Region, Leiste, Beckenorgane, Aszites
6. Zeitliche Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> • Wochentag und Uhrzeit der Intervention
7. Einteilung der Fehler:	<ul style="list-style-type: none"> • Majorfehler = mit Folgekonsequenz für den Patienten <ul style="list-style-type: none"> A Blutung B Pneumothorax C Geplanter Punktionsort wurde nicht getroffen³

D Sonstiges
<ul style="list-style-type: none"> • Minorfehler = ohne auswertbare Konsequenz für den Patienten
8. Definitive Diagnose
9. Wurden schlechte Schallbedingungen vermerkt?

¹ Stanzbiopsie: Sonde mit fixiertem Nadelhalter, Stanzbiopsie mittels Biopince-Nadel

² Therapeutische Ergusspunktionen erfolgten nach standardisierten Richtlinien (Hofer, 2011).

³ Aufgrund einer nachfolgenden Pathologie bzw. Referenzsonografie ist davon auszugehen, dass die betreffende Punktion den geplanten Punktionsort verfehlt haben muss.

2.6 Referenzwerte

Zur Schätzung der normalen Häufigkeitsverteilung von Ultraschalluntersuchungen von CG während des Rekrutierungszeitraumes der Studie wurde die Anzahl unterschiedlicher Ultraschalluntersuchungen und Interventionen im IDUZ über einen Zeitraum von zwei Wochen erhoben. Diese Zählung fand im Zeitraum 02.09.2013 bis 13.09.2013 statt. Anhand dieser Zählung erfolgte eine Hochrechnung der unterschiedlichen Organultraschallanforderungen und Interventionsanforderungen für den Rekrutierungszeitraum der Studie, mit dem Ziel die entstandenen Fehler unterschiedlicher Organuntersuchungen näherungsweise in ein quantitatives Verhältnis zu der Summe aller hochgerechneten Häufigkeiten von unterschiedlichen Ultraschallanforderungen zu setzen.

Folgende Daten wurden dafür verwendet:

- Ultraschallmethoden und Interventionstechniken
- Untersuchte Organe

Formel 2.1: Formel zur Berechnung der geschätzten Referenzwerte im Rekrutierungszeitraum

$$\hat{U} = \frac{n(\text{Untersuchungen im Erhebungszeitraum})}{10 \text{ Arbeitstage}} \times 222 \text{ Arbeitstage pro Jahr} \times 7 \text{ Jahre}$$

\hat{U} = geschätzte Anzahl der Untersuchungen pro Jahr

Tabelle 2.3: Hochrechnung der gesamten Ultraschalluntersuchungen im Rekrutierungszeitraum 27.03.2006-16.03.2013

	N
Arbeitstage in Hessen pro Jahr (30 Urlaubstage abgezogen)	222
Hochrechnung diagnostischer Ultraschalluntersuchungen im Rekrutierungszeitraum	31546
Hochrechnung sonografisch gesteuerte Interventionen im Rekrutierungszeitraum	5284
Hochrechnung sonografisch gesteuerte Interventionen im Rekrutierungszeitraum am Thorax	2020

Tabelle 2.4: Hochrechnung der Anzahl der angewendeten Untersuchungstechniken während des Rekrutierungszeitraumes

	N
B-Bild	22378
FDS	4507
CEUS	4662

Tabelle 2.5: Hochrechnung der Anzahl der untersuchten Organregionen während des Rekrutierungszeitraumes

Oberbauchregion	N
Leber	23776
Pankreas	20357
Niere	20202
Gallenblase	20357
Nebenniere	19270
Milz	20047
Oberbauch Sonstiges	932
Unterbauchregion	
Darm	9479
Aorta und paraaortale Region	19580

Appendix	466
Aszites	777
Thorax	
Thoraxwand	466
Pleura	4507
Lunge	777
Herz	777
Thorax Sonstiges	466
Hals	
Hals LK	2797
Hals Gefäße	777
Schilddrüse	155
Extremitäten	
Untere Extremität	1399
Obere Extremität	621

2.7 Statistik

Die Auswertung erfolgte mit Hilfe des Microsoft Excel Professional Programm Version 2007. Im Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie der Universität Marburg fand die Beratung zur Durchführung der Statistik durch Dr. rer. nat. Roman Pahl statt.

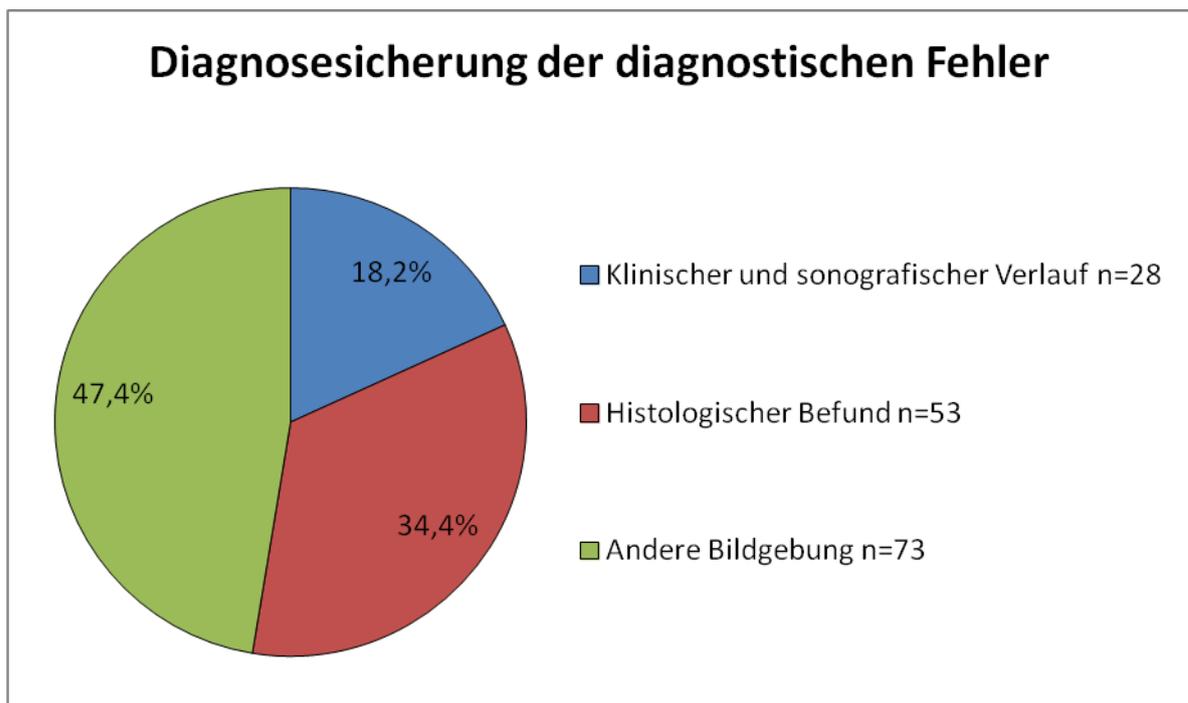
3 Ergebnisse

3.1 Diagnostische Fehler

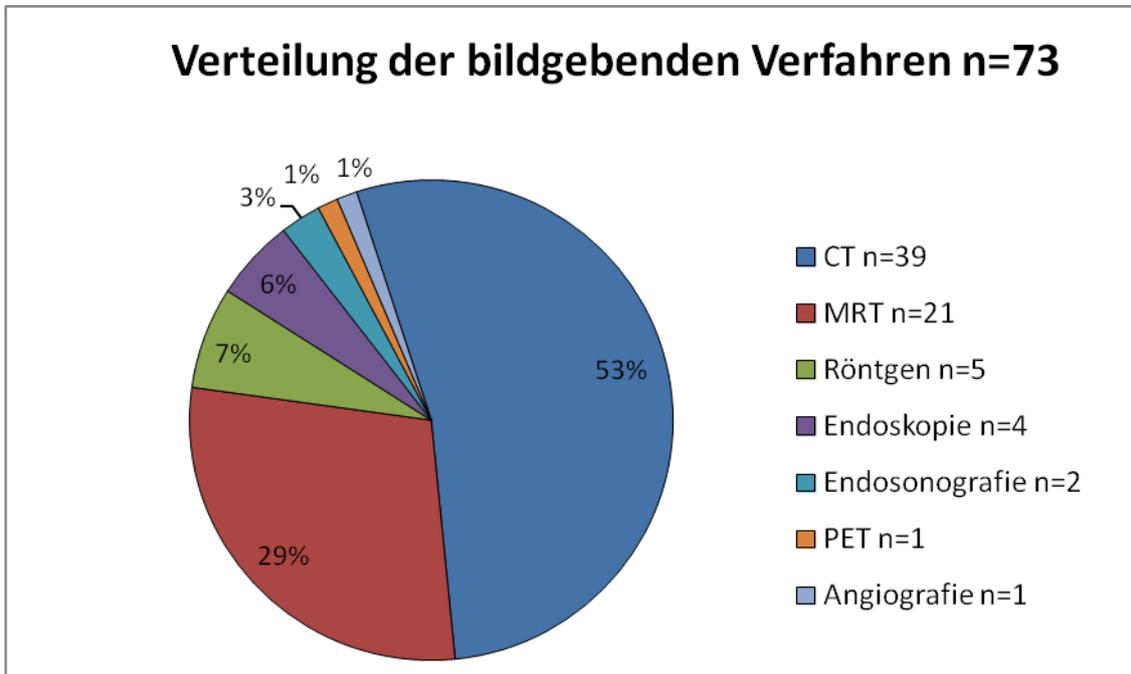
3.1.1 Diagnosesicherung

Die Sicherung bzw. Detektion der diagnostischen Fehler $n=154$ erfolgte bei $n=28$ Patienten (18,2%) innerhalb des klinischen, sonografischen Verlaufs. Der histologische Befund sicherte die Diagnose bei $n=53$ Patienten (34,4%), bei $n=73$ Patienten (47,4%) war eine weiterführende Bildgebung entscheidend zur Aufdeckung des Fehlers (siehe Grafik 3.1). Die Verteilung dieser weiterführenden Bildgebung wird in Grafik 3.2 dargestellt.

Grafik 3.1: Sicherung der sonografischen Fehldiagnose bei $n=154$ diagnostischen Fehlern



Grafik 3.2: Sicherung der sonografischen Fehldiagnosen durch andere bildgebende Verfahren n=73

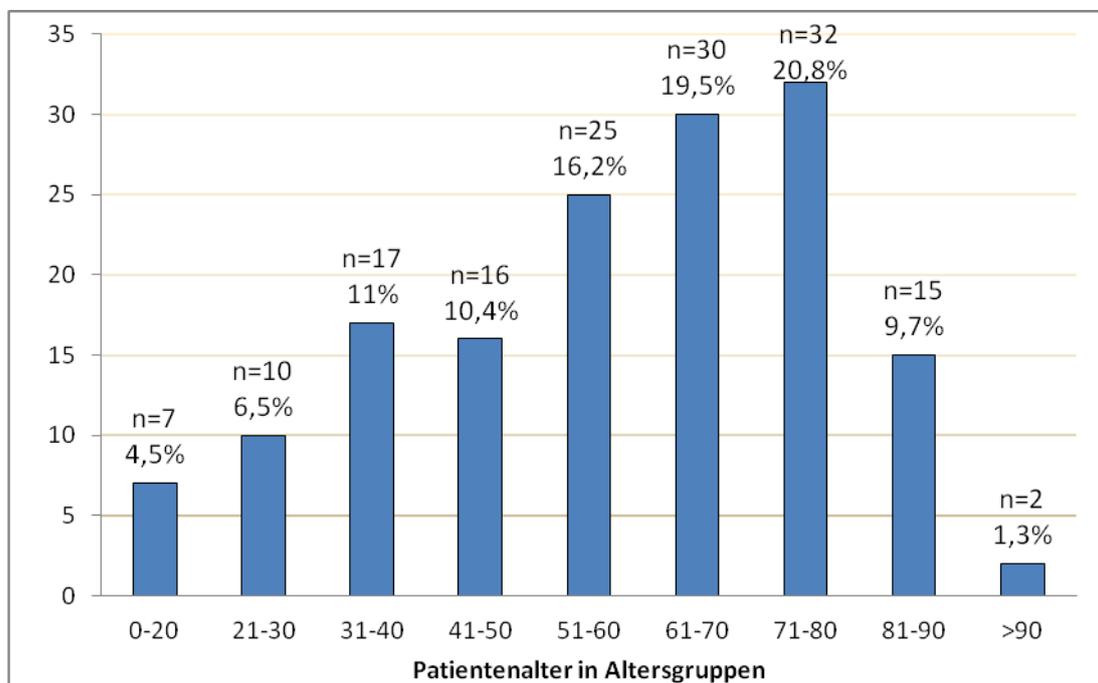


3.1.2 Demografische Daten

Altersverteilung

Der Altersquerschnitt der Patienten $n=154$ reichte zum Zeitpunkt der fehlerhaften Sonografie von 15 bis 93 Jahren. Das mittlere Alter lag bei 58 Jahren. Die Hälfte der Patienten $n=79$ (51,3%) war älter 61 Jahre. Aus der Grafik 3.3 lässt sich ableiten, dass $n=49$ Patienten (31,8%) über 71 Jahre alt waren.

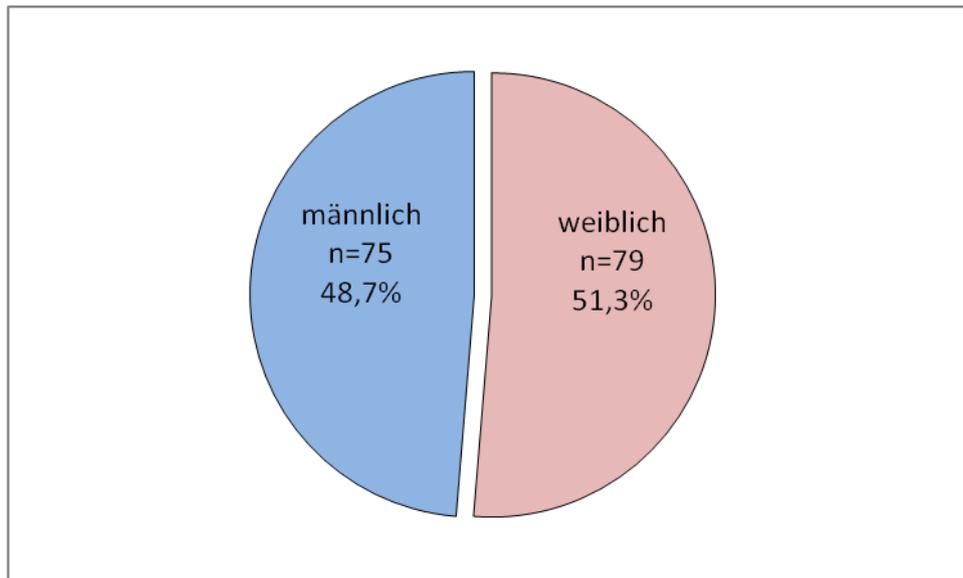
Grafik 3.3: Alter der $n=154$ Patienten eingeteilt in Altersdekaden zum Zeitpunkt des diagnostischen Fehlers



Geschlechterverteilung

Bei dem Patientenkollektiv $n=154$ handelt es sich um 79 Frauen (51,3%) und 75 Männern (48,7%), das Geschlechterverhältnis betrug 1,05:1 (w:m).

Grafik 3.4: Geschlechtsverteilung der $n=154$ Studienpatienten mit diagnostischen Fehler



3.1.3 Klinische Anmeldung

Von $n=154$ diagnostischen Fehlern konnte retrospektiv ein analoger Anmeldebogen in $n=125$ Fällen (81,2%; 125/154) beurteilt werden. In $n=26$ Fällen konnte die Anmeldung nicht gefunden werden und in $n=3$ Fällen waren die Anmeldungen nicht auswertbar, wodurch diese $n=29$ Fälle sich der Beurteilung entzogen (siehe Grafik 3.5).

Unter $n=125$ Anmeldebögen befanden sich $n=100$ korrekte und $n=25$ inkorrekte Anmeldungen. Die drei auszufüllenden Felder „klinische Diagnose“, „Fragestellung“ und „Organ“ wurden hierfür einzeln betrachtet, konnten aber auch mehrfach fehlerhaft auf einem Anmeldebogen registriert werden.

Bei den inkorrekten Anmeldebögen fehlte in $n=12$ (9,6%) Fällen die klinische Diagnose des Patienten. In $n=8$ (6,4%) Fällen fehlte die Fragestellung und in $n=19$ (15,2%) Fällen war das betreffende Organ nicht angekreuzt. Von $n=19$ Fällen, in welchen das zu untersuchende Organ auf der Ultraschallanmeldung nicht angekreuzt war, wurde in

n=16 (12,8%) Fällen das Organ dennoch untersucht. Sowohl die Fragestellung, als auch die Information über das betreffende Organ fehlte in n=4 (3,2%) Fällen (Tabelle 3.1).

Grafik 3.5: Zuordnung von Fehlern und klinischer Anmeldung bei n=154 Studienpatienten

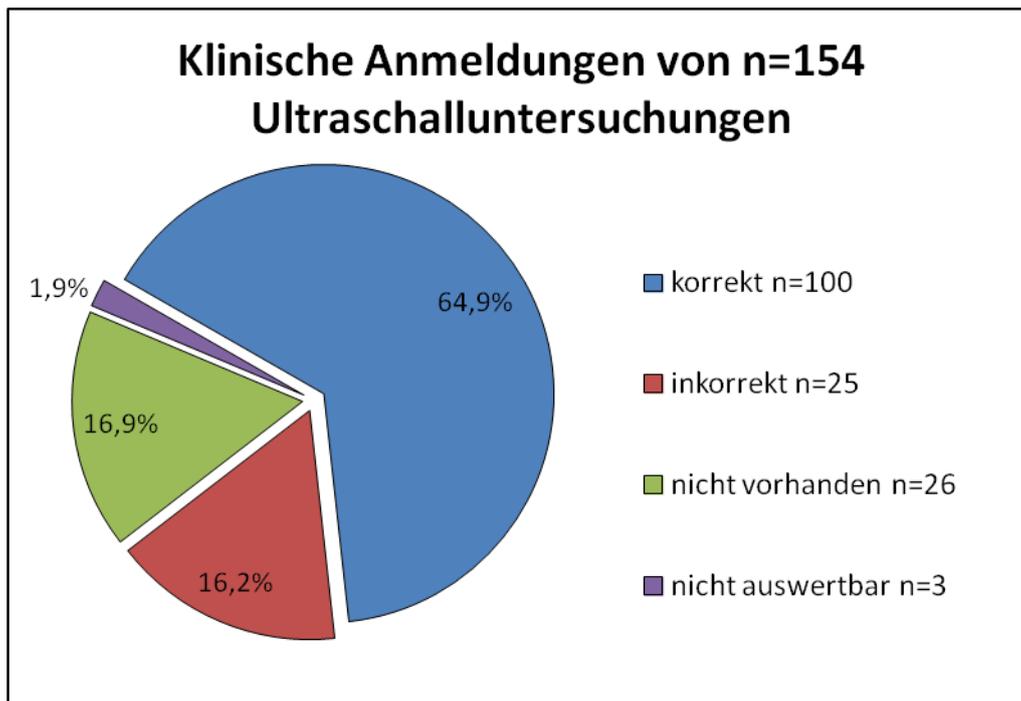


Tabelle 3.1: Vollständigkeit und Unvollständigkeit der klinischen Anmeldungen der Ultraschalluntersuchung bei n=125 diagnostischen Fehlern

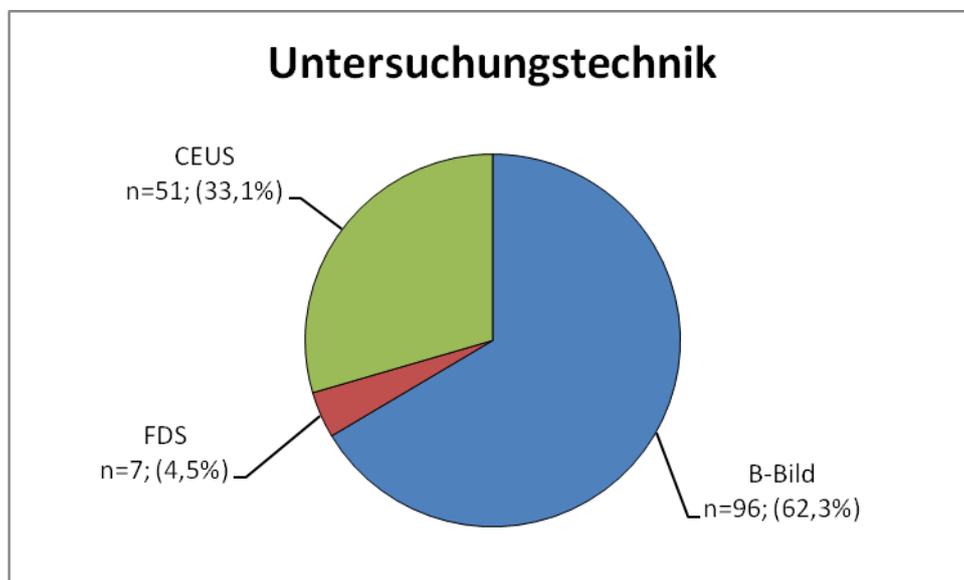
Klinische Anmeldung der diagnostischen Fehlern	N=125	%
Vollständig	100	80
Unvollständige Anmeldung	25	20
• Klinische Diagnose nicht vermerkt	12	9,6
• Fragestellung nicht vorhanden	8	6,4
• Organ nicht angekreuzt	19	15,2
• Fragestellung und Organ nicht ausgefüllt	4	3,2

3.1.4 Untersuchungstechnik

Hinsichtlich der angewandten Untersuchungstechnik konnten die diagnostischen Fehler wie folgt zugeordnet werden: B-Bild Sonografie Fehler in n=96 Fällen (62,3%), FDS Fehler in n=7 Fällen (4,5%) und CEUS Fehler in n=51 Fällen (33,1%) (siehe Grafik 3.6).

Grafik 3.6: Zuordnung von Fehlern und Untersuchungstechniken bei n=154 Studienpatienten

(FDS=Farbkodierte Duplex Sonografie, CEUS=Kontrastmittelunterstützte Sonografie)



3.1.5 Diagnosefehler mit CEUS

Bei der näheren Betrachtung der n=51 diagnostischen Fehler, die unter der Untersuchungstechnik CEUS entstanden waren, lassen sich die Organregionen nach Anzahl wie in der folgenden Tabelle 3.2 zuordnen. Es fällt dabei auf, dass von allen Fehlern unter Kontrastmittel die Leber als häufigstes Organ mit diagnostischem Fehler imponiert.

Tabelle 3.2: Organregionen der diagnostischen Fehler, die unter Verwendung von CEUS entstanden waren

Organ	Anzahl N	Prozentualer Anteil von allen Fehlern mit CEUS (n=51)
Leber	24	47,1%
Darm	6	0,2%
Niere	4	7,8%
Pankreas	2	3,9%
Bauchdecke	2	3,9%
Harnblase, Magen, Milz, Mesenterium, Aszites, Lunge, Thoraxwand, Halslymphknoten	8	15,7%

Um die diagnostischen Fehler unter CEUS beschreiben zu können, werden die fehlerhaften Diagnosen und richtigen Diagnosen der Leber in folgender Tabelle 3.3 dargestellt. Hierbei fällt auf, dass es sich zum einen um mehrere unterschiedliche Fehler handelt, und zum anderen wird deutlich, dass häufig (10/24) irrtümlicher Weise eine Malignität bei tatsächlicher Benignität unter den Fehlern mit Kontrastmittelverwendung angenommen wurde. In n=3 Fällen wurden Befunde falsch benigne eingeschätzt und in n=4 Fällen wurden Lebermetastasen übersehen.

Tabelle 3.3: Diagnostische Fehler der Leber (n=24) unter Verwendung von CEUS

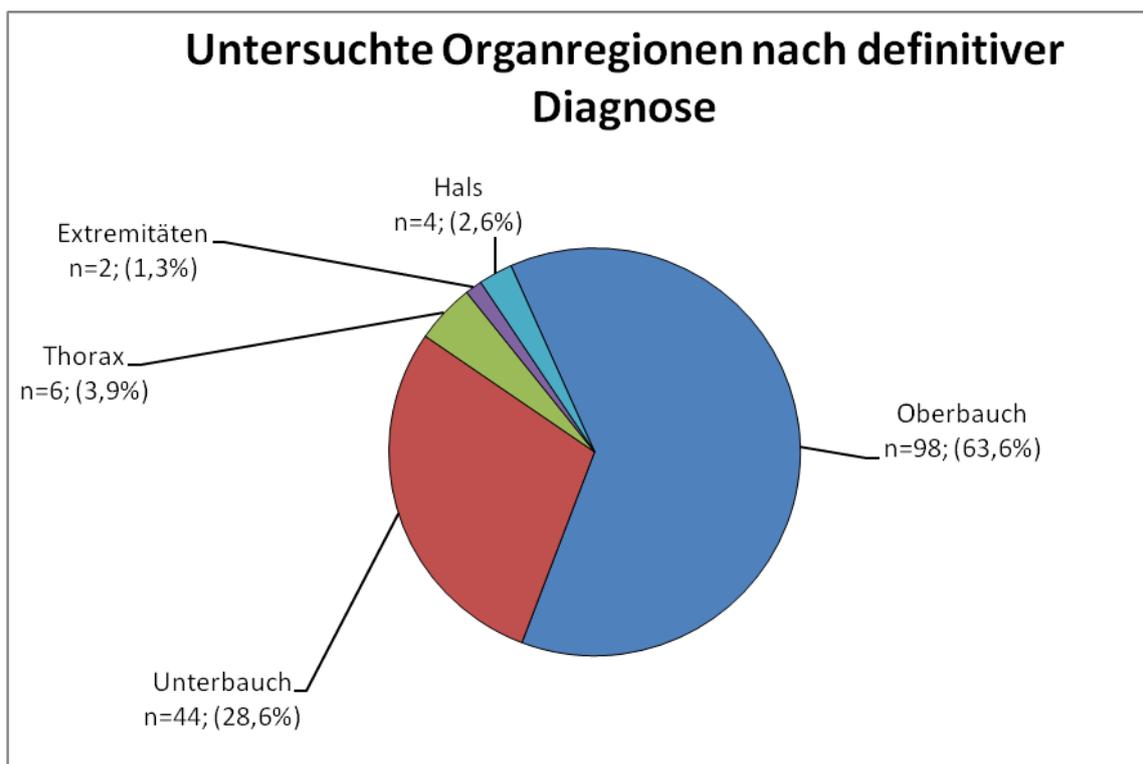
Diagnostischer Fehler		Richtige Diagnose	
Malignität	n=3	Inflammation	n=3
Malignität	n=4	Hämangiom	n=4
Malignität	n=1	Leberzirrhose	n=1
Malignität	n=1	Leberzelladenom	n=1
Malignität	n=1	Pseudotumor	n=1
Benignität	n=3	Malignität	n=3
Unauffällig	n=4	Lebermetastase	n=4
Hämangiom	n=1	Echinokokkus multilocularis	n=1
Zystische Raumforderung	n=1	Echinokokkus alveolaris	n=1
Adenom	n=1	FNH	n=1
FNH	n=1	GvHD der Leber	n=1
FNH	n=1	Hämangiom	n=1
Abszess	n=1	Inflammation ohne Abszess	n=1
Differentialdiagnose HCC oder NET	n=1	Lebermetastase	n=1

3.1.6 Untersuchte Organregionen

Die Einteilung der diagnostischen Fehler erfolgte zusätzlich hinsichtlich der Organregion, in welcher der Fehler durch die definitive Diagnose festgestellt wurde. Dabei entstanden die meisten Fehler $n=98$ (63,6%) bei der Diagnose von Oberbauchorganen.

Weitere $n=44$ Fälle (28,6%) betrafen die Unterbauchregion. Am Thorax erfolgten $n=6$ Fehler (3,8%), an der Halsregion waren es $n=4$ (2,6%) und an den Extremitäten $n=2$ (1,3%).

Grafik 3.7: Zuordnung von Fehlern und Organregionen bei $n=154$ Studienpatienten



Neben der Einteilung in Organregionen wurden die jeweiligen Organe ermittelt und in der folgenden Tabelle 3.4 aufgeführt. Es wird deutlich, dass die Leber das Organ mit den häufigsten Fehldiagnosen ist ($n=41$; 26,6%). Der Darm ist mit $n=18$ (11,7%) das zweithäufigste Organ, an welchem eine Fehldiagnose bemerkt wurde.

Tabelle 3.4: Zuordnung von Fehlern bei n=154 Studienpatienten nach einzelnen Organregionen

Organ	N=154	%
Oberbauchregion	98	63,6
Leber	41	26,6
Pankreas	14	9,1
Niere	13	8,4
Gallenblase und Gallenwege	10	6,5
Mesenterium	6	3,9
Oberbauch Sonstiges*	5	3,2
*Lymphom/Weichteilgewebe, Bauchdecke, Retroperitonealer Tumor, Omentum		
Milz	5	3,2
Magen	4	2,6
Unterbauchregion	44	28,6
Darm	18	11,7
Appendix	11	7,1
Becken	7	4,5
Unterbauch Sonstiges*	8	5,2
*Lymphom/Weichteilgewebe, Bauchdecke, Aszites		
Thoraxregion	6	3,9
Thoraxwand	4	2,6

Lunge	2	1,3
Halsregion	4	2,6
Hals-LK	3	1,9
Tonsillen	1	0,6
Extremitäten	2	1,3
Untere Extremität	2	1,3

Um herauszufinden, ob unter den diagnostischen Fehlern Organe imponieren, die anfälliger für Diagnosefehler sind, wurden die stattgefunden Fehler prozentual zu den angeforderten Organuntersuchungen (siehe Tabelle 2.5, S.30) im Rekrutierungszeitraum gesetzt. Es zeigt sich anhand Tabelle 3.5, dass die Appendix im Verhältnis zu den angeforderten Untersuchungen am häufigsten mit Fehldiagnosen einherging. Weitere Organe mit erhöhter Anfälligkeit für diagnostische Fehler waren die Thoraxwand und „Oberbauch Sonstiges“ mit Weichteilläsionen der Bauchdecke oder Omentum, retroperitonealen Raumforderungen und Lymphome. Die Organe „Magen“, „Mesenterium“, „Becken“ und „Unterbauch Sonstiges“ konnten hier nicht mit einbezogen werden, da sie in den zwei Wochen, die als Referenzwochen zur Hochrechnung aller Ultraschallanforderungen dienten, nicht vorkamen (siehe Kapitel 2.6 Referenzwerte, S.29).

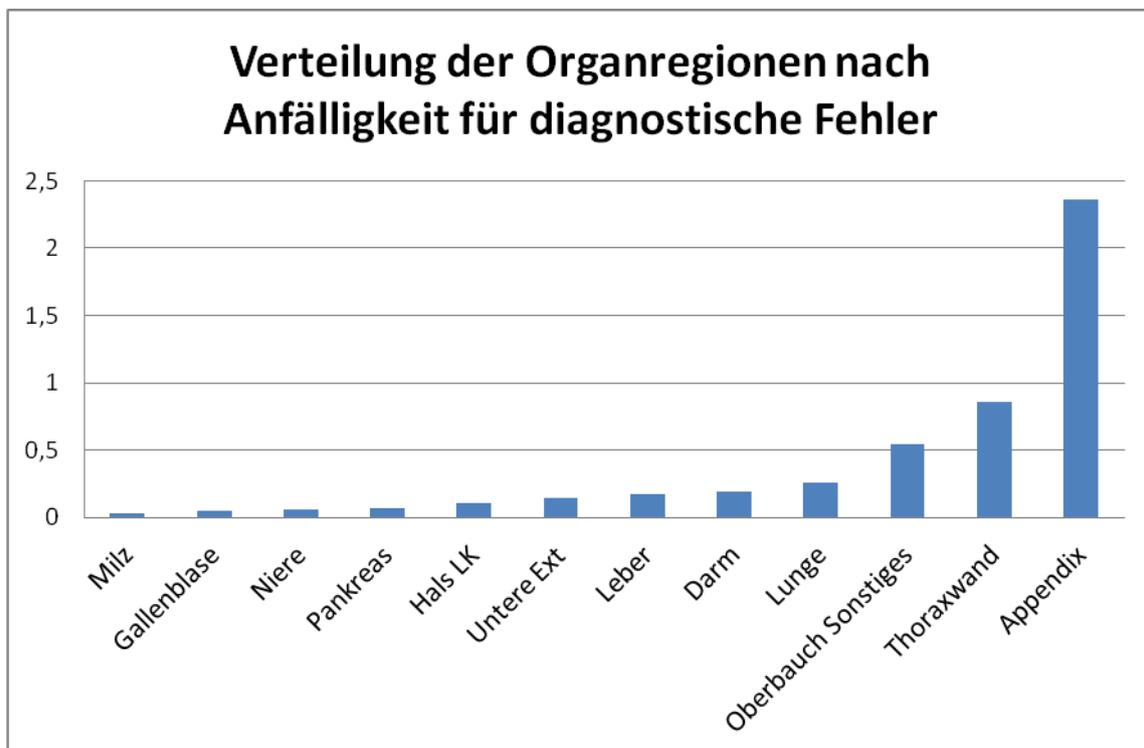
Tabelle 3.5: Darstellung der diagnostischen Fehler nach Organregion im Verhältnis zu allen angeforderten Ultraschalluntersuchungen nach Organregion im Rekrutierungszeitraum

Organregion	Hochgerechnete Ultraschall-anforderungen im Rekrutierungszeitraum	Diagnostische Fehler im Rekrutierungszeitraum	Diagnostische Fehler/hochgerechnete Ultraschall-anforderungen in Prozent
Oberbauchregion	N	N	%
Leber	23776	41	0,17
Pankreas	20357	14	0,07
Niere	20202	13	0,06
Gallenblase	20357	10	0,05
Milz	20047	5	0,03
Magen	/	4	/
Oberbauch Sonstiges: Lymphom, Bauchdecke, Retroperitonealer Tumor, Omentum	932	5	0,54
Mesenterium	/	6	/
Unterbauchregion			
Darm	9479	18	0,19
Appendix	466	11	2,36
Becken	/	7	/
Unterbauch Sonstiges; Lymphom/ Weichteil- gewebe, Aszites	/	8	/

Thorax			
Thoraxwand	466	4	0,858
Lunge	777	2	0,26
Hals			
Hals LK	2797	3	0,11
Tonsille	/	1	/
Extremitäten			
Untere Extremitäten	1399	2	0,14

Die folgende Grafik 3.8 dient dazu, die Tabelle 3.5 zu veranschaulichen und die Dimensionen und Reihenfolgen der Organe nach der hier ermittelten Anfälligkeit für diagnostische Fehler darzustellen.

Grafik 3.8: Veranschaulichung der Organregionen mit diagnostischem Fehler nach Anfälligkeit für sonografische Fehler



Um die Fehler der Organregion Appendix vermiformis näher zu beschreiben, wurden diese Fehlern in folgender Tabelle dargestellt. Es zeigte sich, dass hier alle Fehler unter Verwendung des B-Bild-Modus entstanden waren. Von diesen 11 Fehlern verliefen n=2 mit Folgekonsequenzen für den Patienten („nicht indizierte Folgeoperation“).

Tabelle 3.6: Diagnostische Fehler des Appendix vermiformis n=11

Modus	Diagnostischer Fehler	Richtige Diagnose
B-Bild	Appendix konnte nicht dargestellt werden n=4	phlegmonöse Appendizitis n=2 gangränöse Appendizitis n=2
B-Bild	Unauffällige Appendix	Akut gangränöse Appendizitis
B-Bild	Gedeckt perforierte Sigmadivertikulitis	Atypisch perforierte Appendizitis
B-Bild	Rechtsseitige Divertikulitis	Appendizitis mit fokalem Kryptenabszess
B-Bild	Appendizitis n=2	M. Crohn n=1; Koprostase n=1
B-Bild	Spitzenappendizitis	Ulzero-phlegmonöse Appendizitis mit eitriger Begleitreaktion
B-Bild	Appendizitis mit perityphlitischer Begleitreaktion	Appendizitis ohne Begleitreaktion

3.1.7 Befundbeschreibung des Untersuchers

Von allen diagnostischen Fehlern, wurden in n=49 Fällen (31,8%) die Pathologie vom Untersucher nicht erkannt und nicht beschrieben. In n=27 Fällen (17,5%) beschrieb der Untersucher den pathologischen Befund und äußerte keine Diagnose. In n=78 Fällen (50,6%) legte sich der Untersucher mit einer fehlerhaften Diagnose fest.

In 6 Fällen (3,9%) vermerkte der Untersucher in der Befundbeschreibung, dass schlechte Schallbedingungen vorlagen. Bei diesen n=6 Fällen handelte es sich um

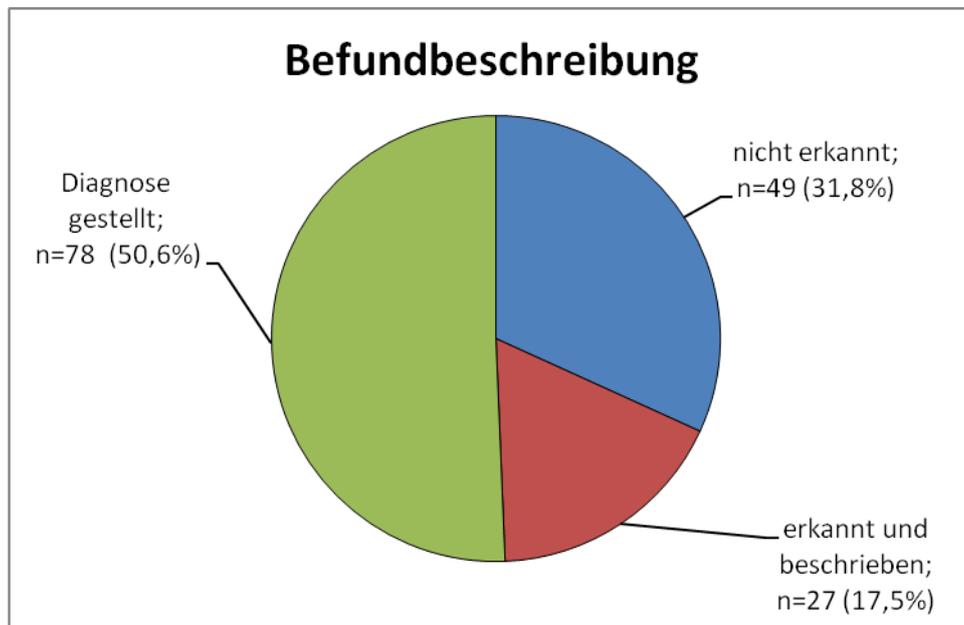
fehlerhafte Diagnosen des Darmes (n=1); der Appendix (n=2); der Thoraxwand (n=1); der Leber (n=1); und des Pankreas (n=1).

Tabelle 3.7: Charakterisierung der Fehler hinsichtlich der Befundbeschreibung bei n=154 Studienpatienten

Befunde der diagnostischen Fehler	N=154	%
Pathologie wurde nicht erkannt (n=2) ¹	49	31,8
Pathologie wurde erkannt und beschrieben (n=1) ¹	27	17,5
Falsche Diagnose wurde gestellt (n=3) ¹	78	50,6

¹ Schlechte Schallbedingung wurde vermerkt

Grafik 3.9: Befundbeschreibung des Untersuchers von n=154 diagnostischen Fehlern

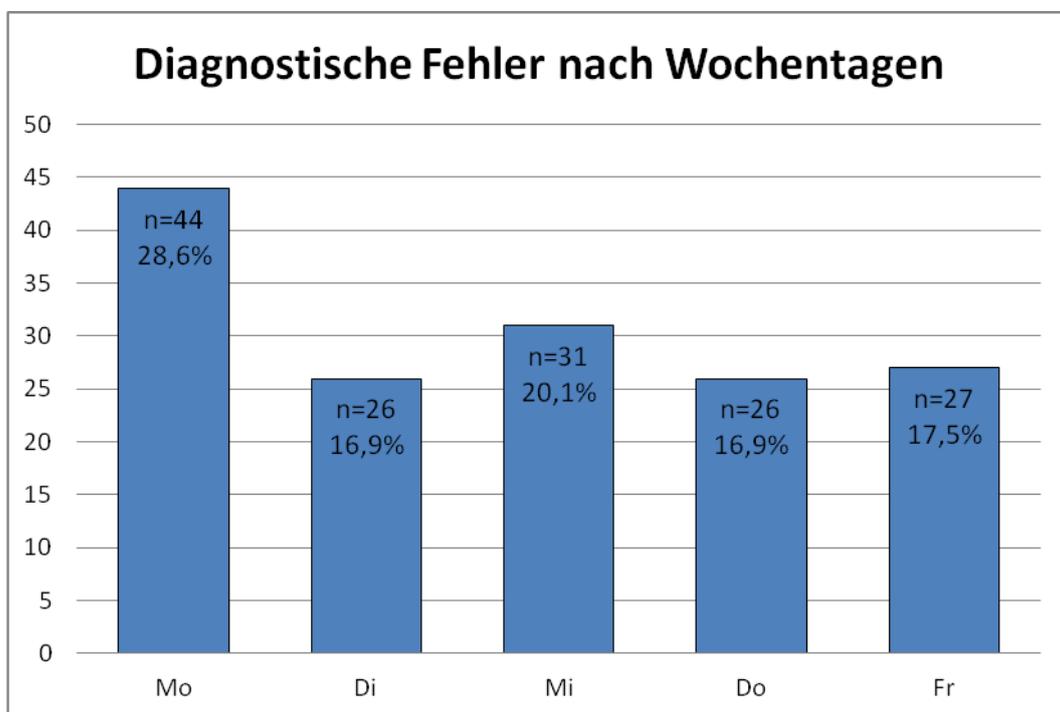


3.1.8 Zeitliche Faktoren

Wochentage

Zusätzlich wurden die Wochentage, an denen die Fehler auftraten, auf ein Verteilungsmuster hin analysiert. Die Verteilung der Fehler nach Entstehungszeitpunkt anhand von Wochentagen wird in der folgenden Grafik 3.10 dargestellt.

Grafik 3.10: Zuordnung von Fehlern zu Wochentagen bei n=154 Studienpatienten



Bei der Betrachtung dieser Fehlerhäufigkeiten nach Wochentagen muss mit einbezogen werden, dass der Untersucher nicht an allen Wochentagen die gleiche Stundenanzahl im Ultraschall-Labor tätig war. Das Verhältnis der Fehler zum Wochentag wird in folgender Tabelle 3.8 dargestellt. Es wird daraus deutlich, dass es Abweichungen der Fehlerhäufigkeiten im Hinblick auf Wochentage gab. Die Wochentage mit den niedrigsten Fehlerhäufigkeiten waren Mittwoch und Freitag.

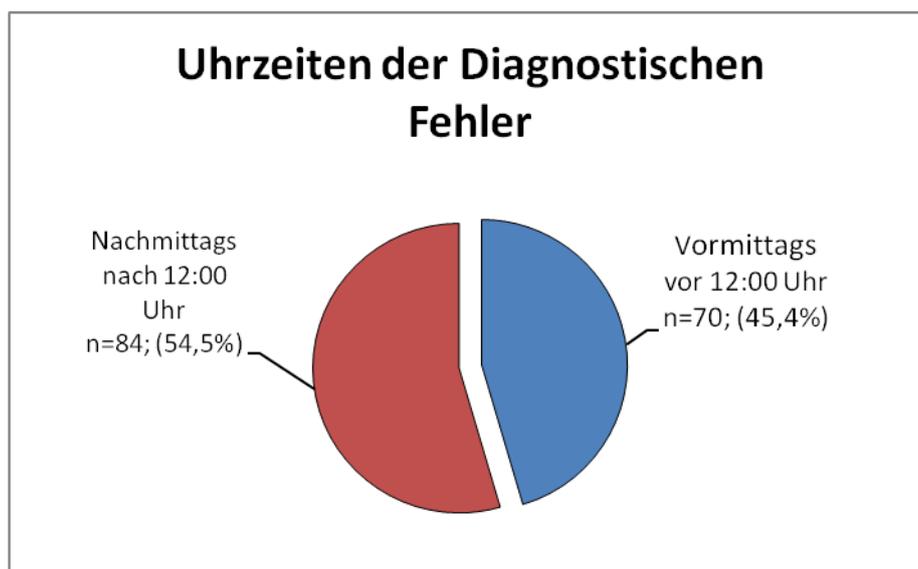
Tabelle 3.8: Anzahl der diagnostischen Fehler nach Wochentagen im Verhältnis zu tatsächlicher Dienstzeit pro Wochentag

Wochentag	Fehleranzahl N	Dienststunden des Wochentages	Verhältnis zwischen Fehlern und Dienststunden des Wochentages
Montag	44	8,5	$44/8,5 = 5,2$
Dienstag	26	5	$26/5 = 5,2$
Mittwoch	31	8,5	$31/8,5 = 3,6$
Donnerstag	26	5	$26/5 = 5,2$
Freitag	27	7	$27/7 = 3,9$

Uhrzeiten

Um die diagnostischen Fehler in Bezug auf die Uhrzeit auswerten zu können, wurden die Fehler in die beiden Kategorien „Vormittags: vor 12:00 Uhr“ und „Nachmittags: nach 12 Uhr“ eingeteilt, dabei waren mehr Fehler (n=84; 54,5%) nachmittags entstanden.

Grafik 3.11: Zuordnung von Fehlern zur Tageszeit bei n=154 Studienpatienten

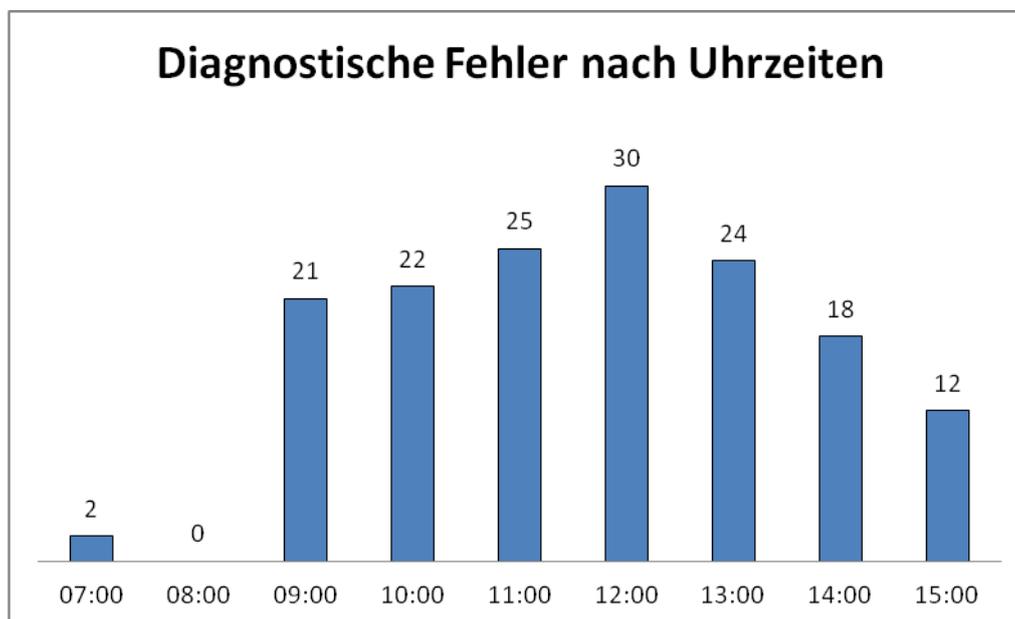


Dazu muss bedacht werden, dass die Dienstzeiten von CG im Ultraschall-Labor nicht gleichmäßig vormittags und nachmittags verteilt waren, sondern er absolvierte 15,5 Stunden pro Woche vor 12:00 Uhr und 18,5 Stunden nach 12:00 Uhr. Das bedeutet, er arbeitete wöchentlich 3 Stunden mehr nach 12:00 Uhr im Ultraschall als im Vergleich vormittags. Das Verhältnis der Fehler zur Tageszeit wird in der folgenden Tabelle dargestellt. Es wird daraus deutlich, dass die Anzahl der Fehler unabhängig vom Vormittag oder Nachmittag gleich bleibt.

Tabelle 3.9: Anzahl der diagnostischen Fehler vormittags und nachmittags

Fehler vormittags	Dienststunden vormittags	Fehler nachmittags	Dienststunden nachmittags
70	15,5	84	18,5
$70/15,5 = 4,5$		$84/18,5 = 4,5$	

Grafik 3.12: Einteilung der n=154 diagnostischen Fehler nach Uhrzeiten

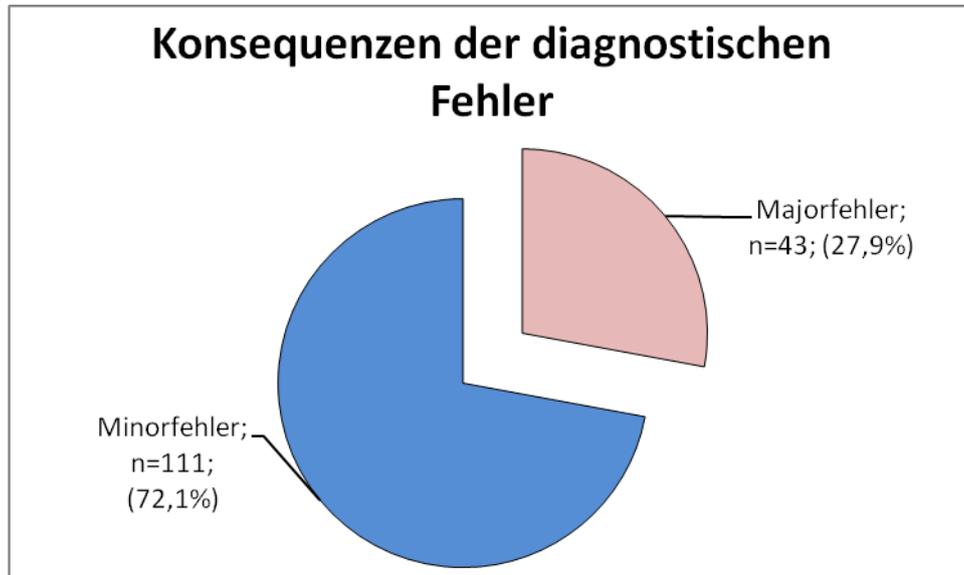


3.1.9 Diagnostische Fehler mit Folgekonsequenzen

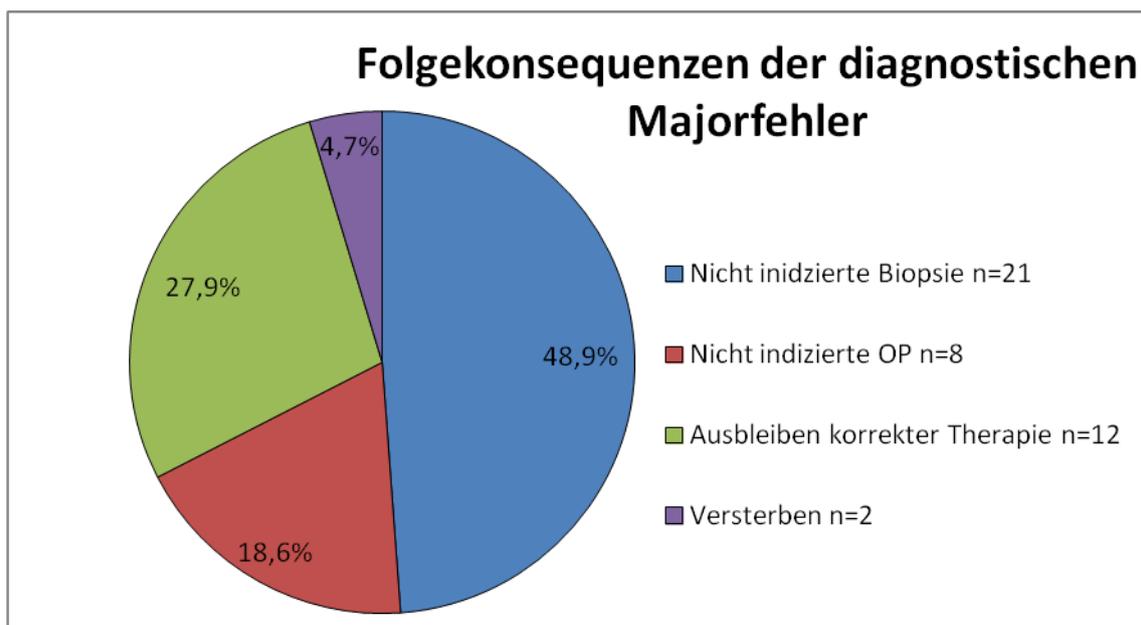
Wie zuvor beschrieben, wurden die diagnostischen Fehler in die zwei folgenden Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe mit n=43 Majorfehlern (27,9%), d.h. mit Folgekonsequenzen für den Patienten. Und eine Gruppe mit n=111 Minorfehlern

(72,1%), welche keine oder keine auswertbaren Konsequenzen für den Patienten mit sich brachten (siehe Grafik 3.13).

Grafik 3.13: Zuordnung von Fehlern zu „Majorfehler“ und „Minorfehler“ bei n=154 Studienpatienten



Grafik 3.14: Folgekonsequenzen bei n=43 Studienpatienten mit diagnostischen Majorfehler



3.1.9.1 Einteilung der Folgekonsequenzen der diagnostischen Fehler

Die n=43 Majorfehler werden in den folgenden Tabellen nach den entstandenen Folgekonsequenzen zugeordnet sowie mit der fehlerhaften Diagnose und richtiger Diagnose aufgelistet. Die folgende Tabelle 3.10 stellt die Majorfehler mit nicht indizierter Folgebiopsie dar. Von n=21 Fehlern, die zu dieser Kategorie zählten, waren n=10 im Zusammenhang mit der sonografischen Befundung der Leber entstanden.

Tabelle 3.10: Sonografische Majorfehler (n=21) mit der Folgekonsequenz „nicht indizierte Folgebiopsie“

Nicht indizierte Folgebiopsie aufgrund von sonografischer Fehldiagnose n=21			
Gewählter Modus	Fehldiagnose	Richtige Diagnose	Nicht indizierte Folgebiopsie
CEUS	Maligne Raumforderung	Alter Abszess/Narbe	Lebergewebe
CEUS	Tumorverdacht (Atypisches Hämangiom)	Hämangiom	Lebergewebe
CEUS	Tumorverdacht (Großes Hämangiom)	Hämangiom	Lebergewebe
CEUS	Lebermetastase n=2	Hämangiom n=2	Lebergewebe n=2
B-Bild	Maligne Raumforderung	Inflammatorischer Pseudotumor	Lebergewebe
B-Bild	Leberverfettung	Hämangiomendotheliom	Lebergewebe
CEUS	Hämangiom	HCC	Punktion eines HCC
B-Bild	Leberzirrhose	Portale Fibrose	Lebergewebe
CEUS	FNH der Leber	Hämangiom	Lebergewebe
B-Bild	Leberadenom	FNH der Leber	Lebergewebe
CEUS	Zystische RF der Leber	Echinokokkuszyste	Lebergewebe
CEUS	Lymphom	Granulomatöse Entzündung	Halslymphknoten-Gewebe

B-Bild	Peritonealkarzinose bei V.a. Pankreaskarzinom	Keine Peritonealkarzinose	Mesenteriales Gewebe
CEUS	Mesenteriales Lymphom	Gesundes Gewebe	Mesenteriales- Gewebe
B-Bild	Abszess	Lymphozele	Flüssigkeit im weiblichen Becken nach Zervixkarzinom
B-Bild	Linksseitige große Nierenzyste	Muzinöse zystische Pankreasneoplasie	Entlastung der Zystenflüssigkeit
CEUS	Maligner retroperitonealer Tumor	Chron. atrophische Pankreatitis	Pankreasgewebe
FDS	Maligne Raumforderung	Rippenfraktur	Thoraxwandgewebe
CEUS	Pancoast Tumor	Narbe mit abszedierender nekrotisierender Entzündung	Thoraxwandgewebe
CEUS	Keine freie Luft	Ulcusperforation	Diagnostische Aszitespunktion von trüber Flüssigkeit

Anhand der folgenden Tabelle 3.11 zeigt sich, dass es in n=8 Fällen (5,2%) von n=154 Fehldiagnosen mit der Konsequenz „nicht indizierte Folgeoperation“ zu 6 verschiedenen Operationen kam. Damit wird deutlich, dass die Fehldiagnosen von unterschiedlichsten Krankheitsbildern dieser Konsequenz führten und sich kein einzelnes Krankheitsbild als besondere Fehlerquelle hervorhebt.

Tabelle 3.11: Definitive Diagnosen der n=8 Majorfehler mit der Konsequenz „nicht indizierte Folgeoperation“ bei sonografischer Fehldiagnose

Nicht indizierte Folgeoperation aufgrund von sonografischer Fehldiagnose n=8			
Gewählter Modus	Falsche Diagnose	Richtige Diagnose	Art der Operation
B-Bild	Appendizitis	M. Crohn	Appendektomie
B-Bild	Appendizitis	Koprostase	Appendektomie
B-Bild	Akute Cholezystitis	Chron. Vernarbte Cholezystitis	Cholezystektomie
B-Bild	Darmischämie	Hämatom	Explorative Laparoskopie
CEUS	Darmischämie	Enteritis	Explorative Laparoskopie
FDS	Maligner LK	Reaktive LK-Hyperplasie	Extirpation
CEUS	Rundherde der Milz	Sarkoidose der Milz	Splenektomie
B-Bild	Nicht dargestellt	Nebennilz	Nebennilz entfernt

In der Tabelle 3.12 werden die definitiven Diagnosen von n=12 Fehlern mit der Konsequenz „Ausbleiben der korrekten Therapie“ dargestellt. Dabei führten n=9 verschiedene Krankheitsbilder zu dieser Konsequenz, wobei in n=4 Fällen die korrekte Therapie bei der Fehldiagnose von Lebermetastasen ausblieb bzw. verspätet eingeleitet werden konnte.

Tabelle 3.12: Definitive Diagnosen von n=12 Majorfehler mit der Konsequenz „Ausbleiben der korrekten Folgetherapie“

Gewählter Modus	Fehlerhafte Diagnose	Richtige Diagnose
FDS	Nierenperfusion regelrecht	Fehlende Perfusion der Niere
B-Bild	Nierentumor nicht gesehen	Nierenzellkarzinom
B-Bild	Läsion der Pleura nicht gesehen	Bronchialkarzinom

B-Bild	LK im Unterbauch nicht gesehen	Diffus großzelliges B-Zell Lymphom
CEUS	Cholezystitis	Gallenblasenkarzinom mit Peritonealkarzinose
CEUS	FNH der Leber	GvHD der Leber = <i>Graft versus Host disease</i>
CEUS	Hämangiom	Lebermetastase
CEUS	Lebermetastase nicht gesehen	Lebermetastase
B-Bild	Lebermetastase nicht gesehen n=2	Lebermetastase n=2
B-Bild	Knotige Verdickung des Omentums	Peritonealkarzinose
B-Bild	Unauffälliger Darm	Sigmadivertikulitis

In Tabelle 3.13 sind n=2 Fehler aufgelistet, mit der Folge „Versterben“. (siehe kasuistische Darstellung, S. 70-72)

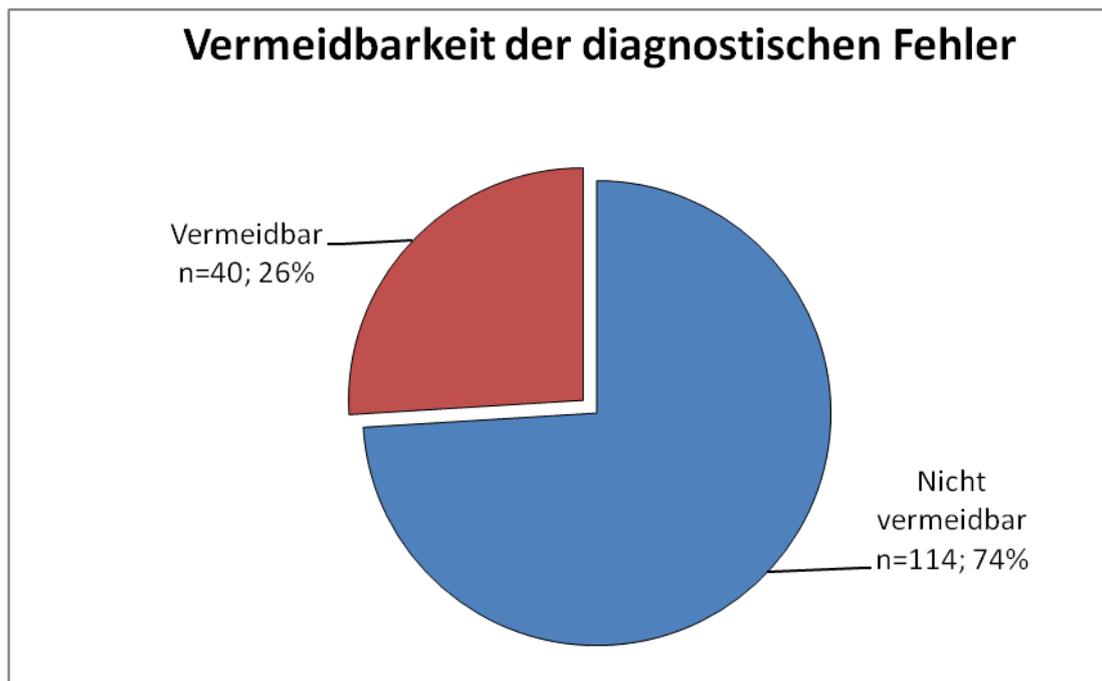
Tabelle 3.13: Definitive Diagnose der diagnostischen Majorfehler mit der Folgekonsequenz „Versterben n=2“

Versterben	
Blutung (Fall 1: aktive Blutung; S. 70)	n=1
Adenokarzinom des Sigma; Sepsis (Fall 2: Darm nicht untersucht; S. 72)	n=1

3.1.10 Vermeidbarkeit der diagnostischen Fehler im Ultraschall

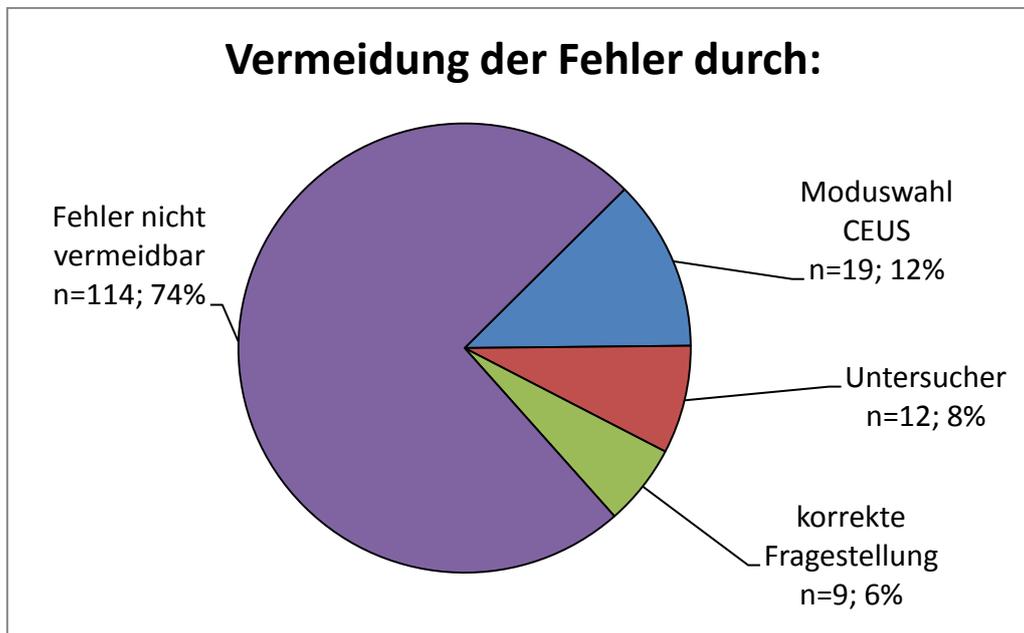
Von insgesamt $n=154$ diagnostischen Fehlern hätten $n=40$ (26%) vermieden werden können, $n=114$ (74%) diagnostische Fehler wurden als „nicht vermeidbar“ zugeordnet.

Grafik 3.15: Zuordnung von Fehlern zur Vermeidbarkeit bei $n=154$ Studienpatienten



In der folgenden Grafik 3.16 wird veranschaulicht, dass $n=9$ (5,8%) der Fehler durch eine korrekte klinische Anmeldung möglicherweise vermeidbar gewesen wären. Durch die Benutzung von Kontrastmittel wären wahrscheinlich $n=19$ (12,3%) der Fehler abwendbar gewesen. Retrospektiv konnten $n=12$ Fehler als Unachtsamkeitsfehler erkannt werden, die untersucherbedingt entstanden waren. Dabei handelte es sich von den $n=12$ Fehlern in $n=9$ Fällen um Fehler durch „satisfaction of search“ (siehe Kapitel 1.3.4, S.19).

Grafik 3.16: Zuordnung von Fehlern zu den möglichen Lösungsansätzen zur Vermeidung des Fehlers bei n=154 Studienpatienten

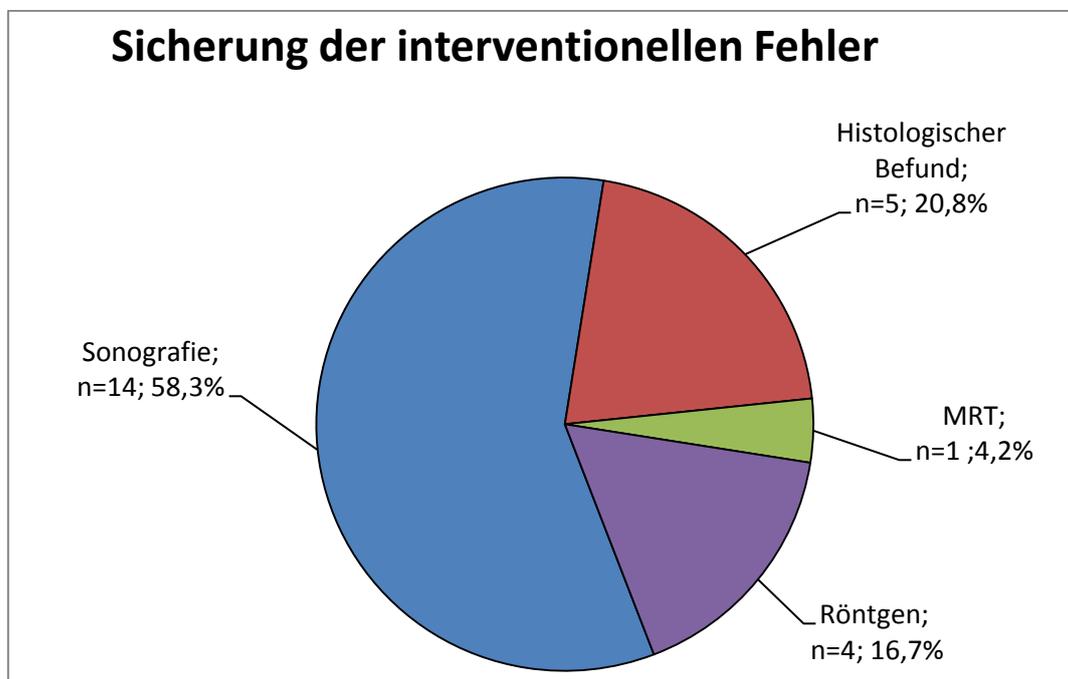


3.2 Interventionelle Fehler

3.2.1 Diagnosesicherung

Von den n=24 interventionellen Fehlern wurden n=14 (58,3%) anhand einer weiteren Sonografie oder im klinischen Verlauf bemerkt. Durch den histologischen Befund wurden n=5 Fehler (20,8%) entdeckt. In n=5 Fällen (20,8%) waren andere Bildgebungen entscheidend (MRT und Röntgen).

Grafik 3.17: Sicherung der interventionellen Fehler bei n=24 Studienpatienten

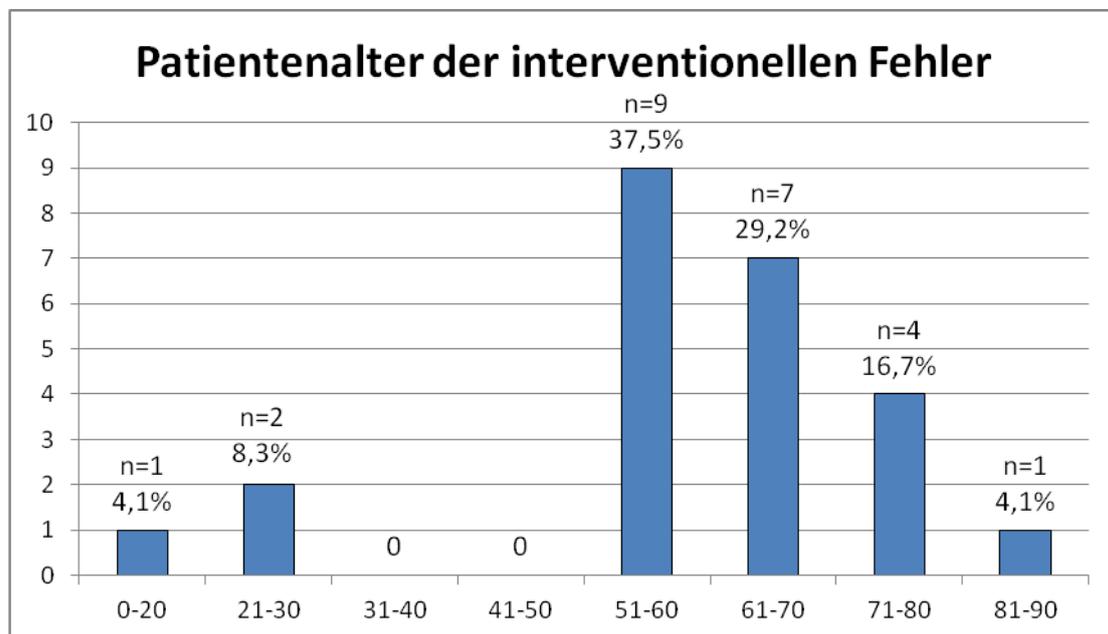


3.2.2 Demografische Daten

Altersverteilung

Der Altersquerschnitt der Patienten reichte von 19 bis 84 Jahren. Das mittlere Alter lag bei 59 Jahren. Die Hälfte der Patienten $n=12$ (50%) war älter als 61 Jahre. Aus der Grafik 3.18 lässt sich ableiten, dass $n=5$ Patienten (20,8%) älter als 71 Jahre alt waren.

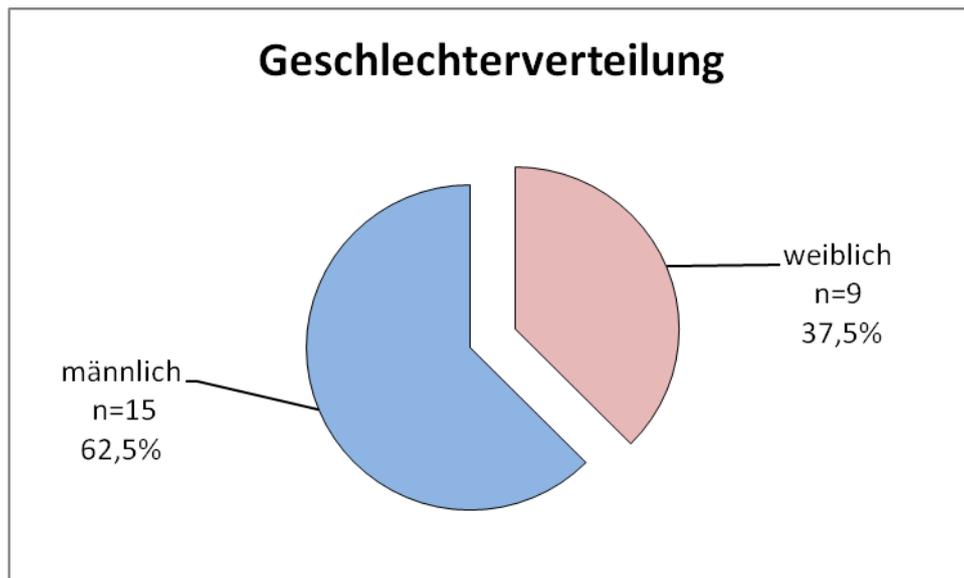
Grafik 3.18: Alter der Patienten (n=24) eingeteilt in Altersdekaden zum Zeitpunkt der fehlerhaften Intervention



Geschlechterverteilung

Bei dem Patientenkollektiv $n=24$ handelt es sich um $n=9$ Frauen (37,5%) und $n=15$ Männer (62,5%), das Geschlechterverhältnis betrug 1,6:1 (m:w).

Grafik 3.19: Geschlechterverteilung der $n=24$ Studienpatienten mit interventionellen Fehlern



3.2.3 Klinische Vorbereitung der Interventionen

Bei $n=24$ interventionellen Fehlern wurde hinsichtlich der Punktionsvorbereitung unterschieden: in $n=5$ Fällen (20,8%) war die Vorbereitung unvollständig. In $n=4$ Fällen (16,7%) war keine Aussage über die unterschriebene Einverständniserklärung möglich, da die internistische Krankenakte im Archiv nicht vorlag. Die $n=5$ inkorrekt vorbereiteten Fälle (20,8%) sind in Tabelle 3.14, S.60 anhand ihrer Defizite detailliert dargestellt.

Grafik 3.20: Klinische Vorbereitung der n=24 Studienpatienten mit fehlerhaften sonografischen Interventionen

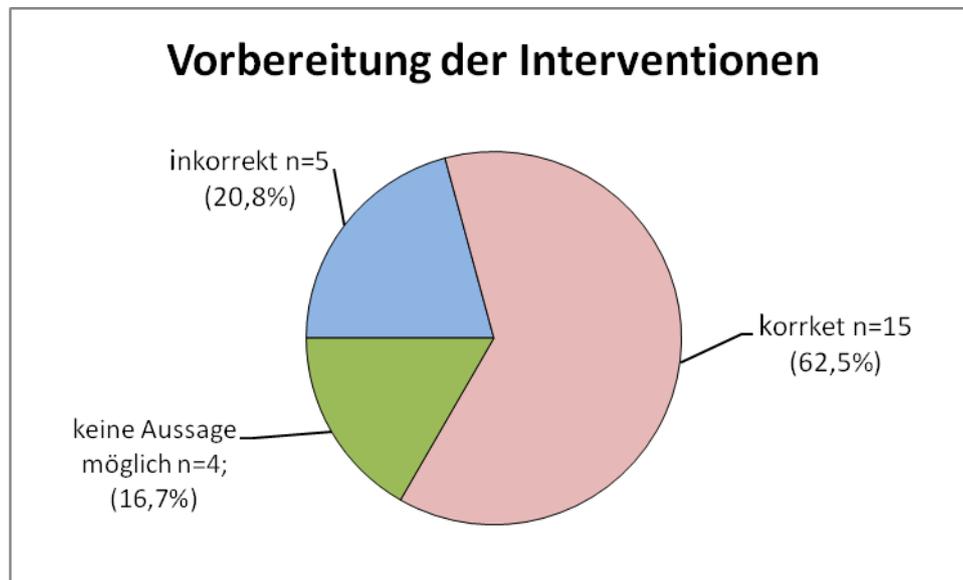


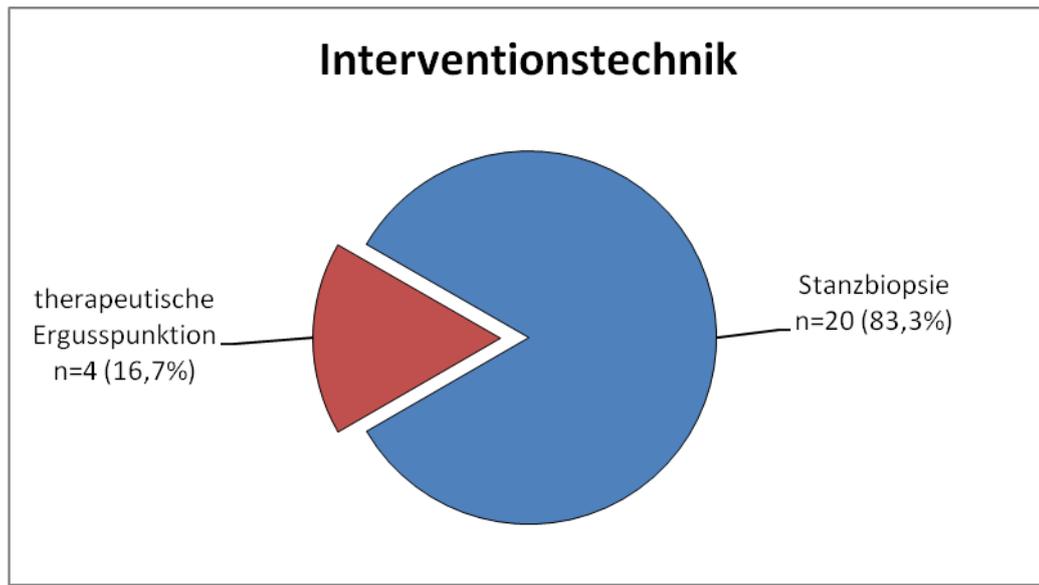
Tabelle 3.14: Klinische Vorbereitung bei n=24 Studienpatienten mit interventionellen Fehler

Interventionelle Fehler	N=24	%
Korrekte Vorbereitung der Intervention	15	62,5
Keine Akte vorhanden, daher keine Aussage über Aufklärung möglich	4	16,7
Inkorrekte Vorbereitung der Intervention	5	20,8
Aufklärung lag nicht vor / Einverständnis war nicht unterschrieben	2	8,3
Gerinnung inadäquat: Quick < 50%; Thrombozyten < 50.000/ μ l	3	12,5
Aufklärung lag nicht vor UND Gerinnung waren nicht adäquat:	1	4,2

3.2.4 Art der Interventionen

Von n=24 interventionellen Fehlern traten n=20 (83,3%) Fehler bei einer Stanzbiopsie auf und n=4 Fehler (16,7%) bei einer therapeutischen Ergusspunktion (Grafik 3.21).

Grafik 3.21: Interventionstechnik der n=24 interventionellen Fehler

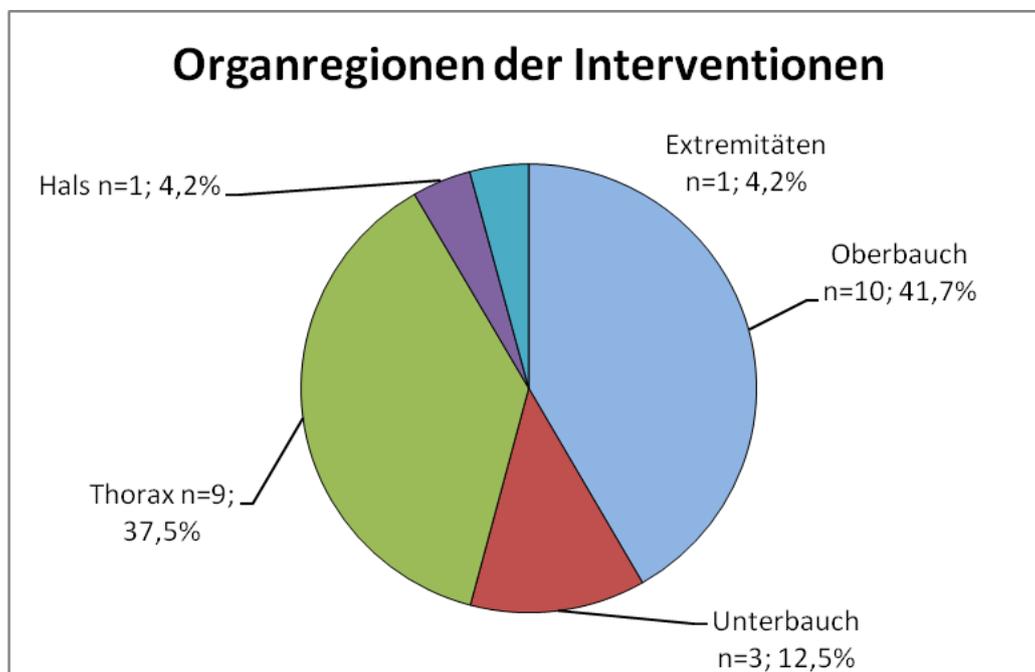


3.2.5 Organregion der Intervention

Die n=24 interventionellen Fehler wurden hinsichtlich der Organregion unterteilt in welcher die Intervention durchgeführt wurde. Dabei entstanden die meisten Fehler n=10 (41,7%) bei einer Intervention der Oberbauchregion.

In n=3 Fällen (12,5%) entstand der interventionelle Fehler in der Unterbauchregion. Interventionen am Thorax führten in n=9 Fällen (37,5%) zu Fehlern und an der Halsregion und an den Extremitäten traten jeweils n=1 Fehler (4,2%) auf (Grafik 3.22).

Grafik 3.22: Organregionen der n=24 interventionellen Fehler



Die Zuordnung der einzelnen interventionellen Fehlern zu dem betreffenden Zielorgan zeigte, dass die Leber das Organ war, an welchem die meisten interventionellen Fehler (n=9; 37,5%) auftraten. Als zweithäufigstes Zielorgan war die Lunge (n=5; 20,8%) bzw. waren Raumforderungen in der Lunge aufgefallen (siehe Tabelle 3.15).

Tabelle 3.15: Zuordnung der n=24 interventionellen Fehlern zu den betreffenden Organen

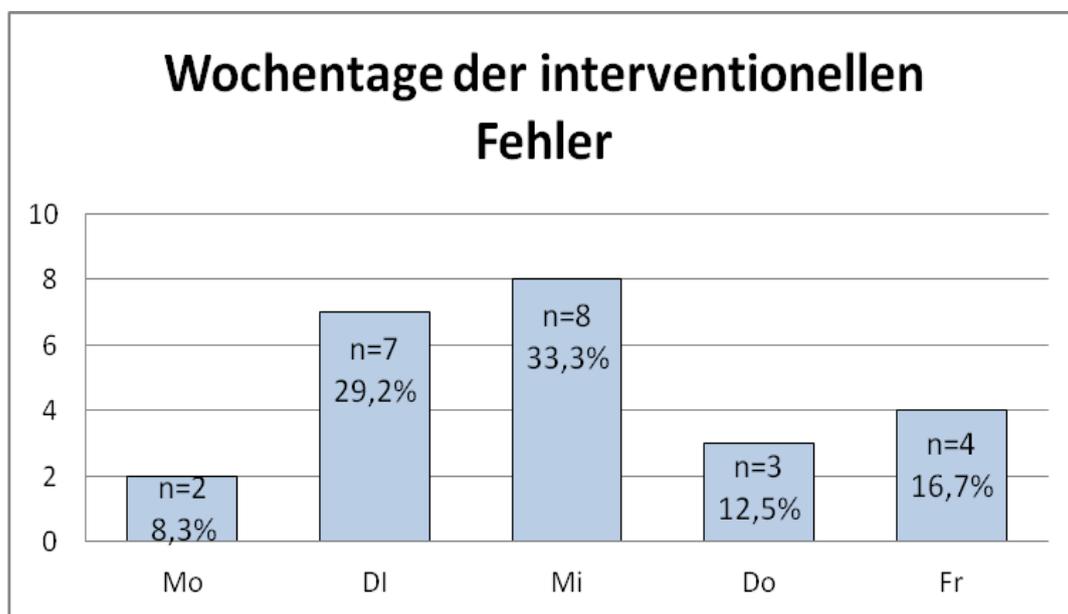
Organe der interventionellen Fehler	N=24	%
Oberbauchregion	10	41,7
Leber	9	37,5
Pankreas	1	4,2
Unterbauchregion	3	12,5
Aszites	2	8,3
Unterbauch Sonstiges*	1	4,2
*Lymphom		
Thoraxregion	9	37,5
Lunge	5	20,8
Pleura	3	12,5
Halsregion	1	4,2
Hals	1	4,2
Extremitäten	1	4,2
Untere Extremität	1	4,2

3.2.6 Zeitliche Faktoren

Wochentage

Die n=24 interventionellen Fehler wurden hinsichtlich ihres Entstehungszeitpunktes untersucht. Wie in Grafik 3.23 dargestellt, traten die meisten der interventionellen Fehler an einem Mittwoch auf (n=8; 33,3%).

Grafik 3.23: Zuordnung von Fehlern zu Wochentagen bei n=24 Studienpatienten mit interventionellen Fehler



Bei der Betrachtung dieser Fehlerhäufigkeiten nach Wochentagen muss mit einbezogen werden, dass der Untersucher nicht an allen Wochentagen die gleiche Stundenanzahl im Ultraschall-Labor tätig war. Das Verhältnis der Fehler zum Wochentag wird in folgender Tabelle 3.16 dargestellt. Der Wochentag im Vergleich zu den anderen Wochentagen, mit den meisten entstandenen Fehlern im Verhältnis zur Arbeitszeit war der Dienstag.

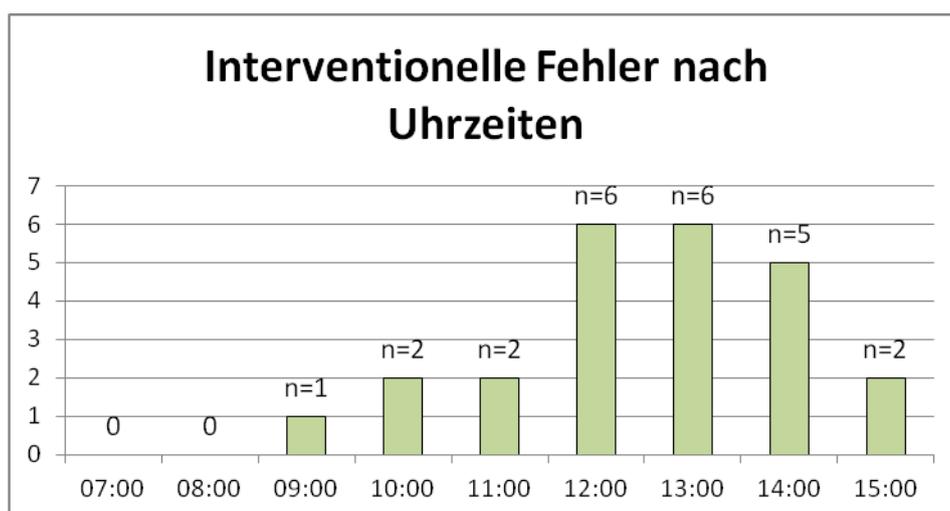
Tabelle 3.16: Anzahl der interventionellen Fehler nach Wochentagen im Verhältnis zu tatsächlicher Dienstzeit pro Wochentag

Wochentag	Fehleranzahl N	Dienststunden des Wochentages	Verhältnis zwischen Fehlern und Dienststunden des Wochentages
Montag	2	8,5	$2/8,5 = 0,2$
Dienstag	7	5	$7/5 = 1,4$
Mittwoch	8	8,5	$8/8,5 = 0,9$
Donnerstag	3	5	$3/5 = 0,6$
Freitag	4	7	$4/7 = 0,6$

Uhrzeiten

Zusätzlich wurden die n=24 interventionellen Fehler auf den Entstehungszeitpunkt zur vollen Stunde hin untersucht. Es fällt auf, dass die meisten Fehler (n=19; 79,2%) nachmittags nach 12:00 Uhr entstanden.

Grafik 3.24: Zuordnung der interventionellen Fehler bei n=24 Studienpatienten zu Entstehungsurzeiten



Die Fehleranalyse hinsichtlich des Verhältnisses zur Dienstzeit zeigte, dass interventionelle Fehler deutlich häufiger nachmittags entstanden. (siehe Tabelle 3.17)

Tabelle 3.17: Anzahl der interventionellen Fehler im Verhältnis zur Tageszeit

Fehler vormittags	Dienststunden vormittags	Fehler nachmittags	Dienststunden nachmittags
5	15,5	19	18,5
$5/15,5 = 0,3$		$19/18,5 = 1,03$	

3.2.7 Folgekonsequenzen der interventionellen Fehler

Die Folgekonsequenzen der n=24 interventionellen Fehler sind in Tabelle 3.18 dargestellt. In n=10 Fällen (41,7%) erlitten die Patienten eine Blutung nach der Intervention. In n=7 Fällen (29,2) kam es nach einer Punktion zu einem Pneumothorax. Die Biopsie verfehlte in n=6 Fällen (25%) ihren geplanten Punktionsort und in n=1 Fall (4,2%) war die Intervention nicht indiziert.

Tabelle 3.18: Einteilung der n=24 interventionellen Fehler nach Art der Konsequenz für den Patienten

Konsequenzen der interventionellen Fehler	N=24	%
Blutung	10	41,7
Pneumothorax	7	29,2
Geplanter Punktionsort wurde nicht getroffen	6	25
Nicht indizierte Intervention	1	4,2

3.2.8 Einteilung der Folgekonsequenzen der interventionellen Fehler

3.2.8.1 Blutungen

Bei der Auswertung der interventionellen Fehler n=43 zeigte sich, dass n=8 Blutungen (33,3%) nach der Stanzbiopsie auftraten (Außendurchmesser der Nadel: 1,3mm) und n=2 Blutungen (8,3%) nach einer therapeutischen Ergusspunktion (Außendurchmesser der Nadel: 2,2mm). Von n=10 Blutungen handelte es sich in n=7 Fällen um Biopsien der Leber und in n=3 Fällen um Punktionen von Lymphomen. Bei den Fehlern mit Konsequenzen „Blutungen“ fiel auf, dass es in allen n=3 Fällen (12,5%) mit einem inadäquaten Gerinnungsstatus (Quick < 50%; Thrombozyten < 50.000/ μ l) nach der Punktion zu einer Blutung kam.

Tabelle 3.19: Zuordnung der interventionellen Fehler mit Folgekonsequenz „Blutung“ zu punktierter Organregion und Grunderkrankung bei n=10 Studienpatienten

Blutung durch interventionellen Fehler n=10			
Organregion		Grunderkrankung	
Leber	n=7	GvHD (<i>Graft versus Host disease</i>)	n=1
		Leberzirrhose	n=1
		Hepatitis	n=1
		Leberzellkarzinom	n=1
		Lebermetastase	n=2
Unterbauch (Aszitesentlastung)	n=1	Aszites bei abdominellem Lymphom	n=1
Halsregion	n=1	Non Hodgkin Lymphom	n=1
Unterbauchregion	n=1	Non Hodgkin Lymphom	n=1
Untere Extremität	n=1	Knochenmetastase bei Prostatakarzinom	n=1

3.2.8.2 Pneumothorax

Von n=7 Patienten mit postinterventionellem Pneumothorax traten n=6 nach Stanzbiopsien und n=1 nach therapeutischer Ergusspunktion auf. Bei n=7 Fällen mit einem postinterventionellen Pneumothorax lag in n=6 Fällen eine maligne Grunderkrankung vor.

Tabelle 3.20: Zuordnung der interventionellen Fehler mit Folgekonsequenz „Pneumothorax“ zu Interventionstechnik und Grunderkrankung bei n=7 Studienpatienten

Pneumothorax durch interventionellen Fehler n=7	
Interventionstechnik	Grunderkrankung
Therapeutische Ergusspunktion n=1	Leberzellkarzinom mit Pleuraerguss n=1
Stanzbiopsie n=6	Eitrige Entzündung der Pleura n=1
	Marginalzonen B-Zell Lymphom n=1
	Plattenepithelkarzinom der Lunge n=3
	Lungenrundherd n=1 <i>nicht näher beschrieben</i>

3.2.8.3 Geplanter Punktionsort nicht getroffen

In n=6 Fällen wurde die Läsion bei der Punktion nicht getroffen. Die Organzugehörigkeit ist Tabelle 3.21 zu entnehmen.

Tabelle 3.21: Definitive Diagnosen bei n=6 interventionellen Fehlern mit der Konsequenz „geplanter Punktionsort nicht getroffen“

Geplanter Punktionsort nicht getroffen bei n=6 Interventionen	
Pankreaskarzinom	n=1
Lebermetastase	n=3
Lymphom	n=1
Stromatumor	n=1
<i>Nicht näher beschrieben</i>	

In n=1 Fall lag ein maligner Erguss vor und die Indikation zu einer diagnostischen Ergusspunktion war nicht gegeben.

Tabelle 3.22: Definitive Diagnose bei n=1 interventionellem Fehler mit der Konsequenz „Nicht indizierte Biopsie“

Nicht indizierte Biopsie bei n=1 Intervention	
Pleurakarzinose bei Mammakarzinom	n=1

3.2.9 Schlechte Schallbedingungen

In n=1 Fall von 24 Studienpatienten mit interventionellen Fehler wurden im Befund „schlechte Schallbedingungen“ dokumentiert (4,2%).

3.3 Kasuistiken

3.3.1 Fall 1: aktive Blutung

Aufnahmegrund:

Aufgrund eines Taubheitsgefühl im Unterkiefer, sowie zunehmender Belastungsdyspnoe war ein 64-jähriger Patient im Notfallbereich aufgenommen worden. Seit vier Jahren war bei ihm eine myeloproliferative chron. myelo-monozytäre Leukämie diagnostiziert worden. Laborchemisch zeigten sich Leukozyten 160 G/l; Erythrozyten 3,7 T/l; Hb 80 g/l; Thrombozyten 56 G/l; INR 1,6; Kreatinin 4,53 mg/dl. Des Weiteren bestand eine Hepatomegalie, eine eingeschränkte Nierenfunktion mit Hyperkaliämie und Zustand nach Splenektomie aufgrund von spontaner Milzruptur. Aufgrund von beginnender AP-Symptomatik mit erhöhten TNI-Werten wurde der Patient auf der Intensivstation betreut. Bei abfallenden Hb-Werten wurde eine Ultraschalluntersuchung angefordert mit der Frage nach akuter Blutung.

Sonografischer Befund:

Im Abdomen zeigte sich sonografisch ein Hämatom im Bereich der Bauchwand jedoch ohne Kontrastmittel-Austritt.

Abb. 3.1: Fall 1: B-Bild Befund



Abb. 3.1: Im Abdomen zeigte sich sonografisch ein 20x20x8 cm großes Hämatom im Bereich der Bauchwand.

Abb. 3.2: Fall 1: CEUS Befund

Abb. 3.2: In der CEUS zeigte sich kein Austritt von Kontrastmittel, wodurch von keiner aktiven Blutung auszugehen war.

Weiterer Verlauf:

Bei zunehmender Verwirrung und weiterem Hb-Abfall wurde nach Transfusionengabe von Blutprodukten ein CT des Abdomens durchgeführt, welches mehrere kleine, aktive arterielle Einblutungen ohne erkennbare, zuführende Arterie darstellte.

Am selben Tag wurde der Patient kreislaufinstabil, katecholaminpflichtig und intubiert, sowie dialysiert. Zwei weitere Tage später wurde in einem Folge-CT erkannt, dass das Hämatom rückläufig war. Dennoch verstarb der Patient bei zunehmender Hypotonie und Azidose.

Fazit:

Der diagnostische Fehler lag in der Verkennung der akuten Blutung, die trotz Kontrastmittel nicht sichtbar gewesen war. Die Folgekonsequenz des Versterbens ist hier als Folge der schweren Grunderkrankung anzunehmen, da vermutlich durch frühere Erkennung der aktiven Blutung die therapeutischen Möglichkeiten dennoch begrenzt gewesen wären. Der Fehler wurde als nicht vermeidbar eingestuft.

3.3.2 Fall 2: Darm nicht untersucht

Aufnahmegrund:

Eine 92 jährige Patientin war aufgrund einer ambulant erworbenen Pneumonie stationär aufgenommen worden. Zu Beginn ihres Aufenthaltes wurde eine Ultraschalluntersuchung angefordert, da der Verdacht auf ein Kolonkarzinom stationär entstanden war und die Frage nach einem abdominellen Tumor und Lymphadenopathie wurde an den Ultraschalluntersucher gestellt. Die klinische Fragestellung war somit korrekt ausgefüllt, mehrere Organregionen waren zur Untersuchung angefordert worden. Die Möglichkeit die Organregion „Darm“ auf dem Anmeldeformular anzukreuzen, war nicht gegeben.

Sonografischer Befund:

In der Gallenblase stellte sich ein 4x4cm großer, echogener Tumor mit arteriellem Enhancement vereinbar mit einem Adenom dar. Der Darm wurde sonografisch nicht untersucht.

Zehn Tage später klagte die Patientin über Bauchschmerzen im linken, unteren Quadranten. Auf einer Abdomenleeraufnahme zeigte sich freie Luft unterm Zwerchfell. Laborchemisch trat eine Laktat Erhöhung von 6,4 mmol/l auf. In einer erneuten sonografischen Untersuchung stellten sich sehr volle Dünndarmschlingen mit minimaler Peristaltik dar.

Weiterer Verlauf:

Eine notfallmäßige explorative Laparotomie zeigte eine perforierte Sigmadivertikulitis mit kotiger Peritonitis, sodass eine anteriore Rektumresektion nach Hartmann erfolgte. Postoperativ wurde die Patientin intubations- und katecholaminpflichtig, sowie eine tiefe Beinvenenthrombose wurde diagnostiziert. Im Verlauf blieb die Patientin zunehmend septisch mit ansteigenden Entzündungsparametern und entwickelte einen septischen Schock mit Multiorganversagen. Bei einer Rektoskopie stellte sich der Verdacht auf eine Anastomoseninsuffizienz. Im Sinne des Patientenwunsches wurde eine weitere Operation abgelehnt, die Patientin verstarb daraufhin.

Die histologische Untersuchung des entfernten Rektumsegmentes ergab ein ulzeriertes Adenokarzinom auf dem Boden eines Adenoms des Sigmas mit Infiltration aller Wandschichten.

Fazit:

Möglicherweise hätte das Kolonkarzinom bereits vor der Perforation entdeckt werden können, wenn der Ultraschaller die Untersuchung des Darmes mit erfasst hätte. Der Fehler wird somit als vermeidbar eingestuft. Es stellt sich die Frage, ob der Untersucher durch die Erscheinung des Gallenblasenadenoms abgelenkt gewesen war und dadurch die Darmuntersuchung vergessen haben könnte. Oder er könnte sich an den Feldern der zu untersuchenden Organregionen orientiert haben, wobei das Feld für „Darm“ nichtvorhanden war, bzw. von den Klinikern explizit hätte aufgeschrieben werden müssen.

3.3.3 Fall 3: auffälliger Lymphknoten

Aufnahmegrund:

Die 25 jährige Patientin berichtete, sie habe bei rezidivierenden Blasenentzündungen seit drei Monaten schmerzhafte Lymphknoten im Bereich der Leiste getastet. Wegen der Blasenentzündung war eine Antibiose verschrieben worden. B-Symptomatik bestand nicht. Laborchemisch ergab die Untersuchung des Blutes keine Auffälligkeiten.

Sonografischer Befund:

Abb. 3.3: Fall 3: B-Bild Befund mehrerer Lymphknoten



Abb. 3.3: Es stellt sich ein Lymphknotenpaket mit mehreren iliakalen LK dar.

Abb. 3.4: Fall 3: FKDS eines auffälligen Lymphknoten der Leiste

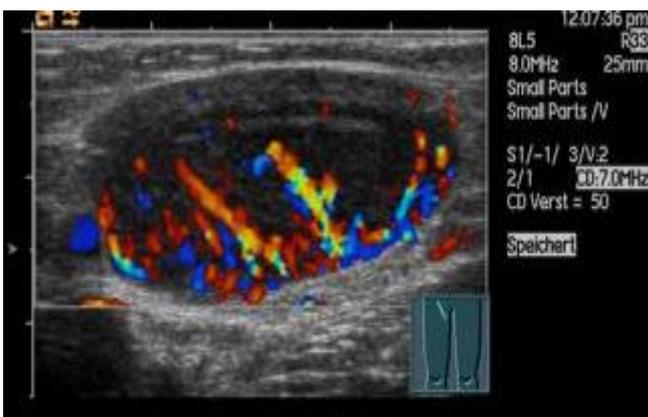


Abb. 3.4: Es stellte sich rechts iliakal ein 3x1,5 cm großer, echoarmer LK ohne Hiluszeichen mit verstärkter Vaskularisation im FKDS Modus dar, der am Folgetag biopsiert wurde.

Abb. 3.5: Fall 3: Lymphknoten im CEUS

Abb. 3.5: In der arteriellen Phase zeigt sich ein vermindertes Enhancement eines iliakalen LK.

Weiterer Verlauf:

Das Biopsat wurde von zwei Pathologen untersucht. Erster Befund ergab die Diagnose eines niedrig malignen B-Zell NHL, vereinbar mit einem folliculären Lymphom am ehesten Grad I. Im pathologischen Referenzbefund wurde eine reaktive Lymphknotenveränderung beschrieben mit Empfehlung bei weiterbestehender Schwellung den Lymphknoten operativ zu entfernen.

Aufgrund der diagnostischen Unsicherheit und der im Raum stehenden, malignen Diagnose wurde eine Knochenmarkspunktion vorgenommen, die keinen Hinweis auf ein NHL mit sich brachte.

In einer erneuten sonografischen Verlaufskontrolle bestand jedoch weiterhin der dringende Verdacht eines malignen Geschehens, sodass der Lymphknoten operativ entfernt wurde.

Die pathologische Untersuchung erwies sich übereinstimmend mit der Referenzpathologie des Vorbefundes als harmlose folliculäre Hyperplasie.

Fazit:

Nach bestem Wissen stufte der Untersucher den Lymphknoten fälschlicher Weise als maligne ein. Daher ist der Fehler als unvermeidbar einzustufen.

Retrospektiv ist nachzuvollziehen, dass bei einer kollektiven, diagnostischen Unsicherheit sich eher für die gefährlichere Arbeitsdiagnose entschieden wird, um dem Patienten möglichst wenig zu schaden. Eine andere Möglichkeit bestünde in engmaschigen, gewissenhaften Kontrollen.

3.3.4 Fall 4: geplanter Punktionsort vermutlich nicht getroffen

Aufnahmegrund:

Im Rahmen einer sonografischen Nachuntersuchung war bei einem 59-jährigen Patienten eine neu aufgetretene Läsion der Leber entdeckt worden. Sechs Monate zuvor war bei ihm ein pulmonales Adenokarzinom des rechten Unterlappens pT2 pN1 Mx G2 diagnostiziert, sowie operativ und chemotherapeutisch behandelt worden. Nun stellte er sich zur sonografischen Punktion der Läsion vor.

Sonografischer Befund:

Abb. 3.6: Fall 4: B-Bild Befund der Leberläsion



Abb. 3.6: Im B-Bild stellt sich ein 16 mm großer, echoarmer Herd dar, hochverdächtig auf eine Lebermetastase.

Abb. 3.7: Fall 4: CEUS der Leberläsion



Abb. 3.7: Hypoenhancement der Leberläsion in der Portalvenösen Phase. Typisch für eine Lebermetastase.

Im CT stellte sich ebenfalls die Läsion mit 17 mm in S6 der Leber und unscharf begrenzt dar, ohne Kontrastmittelanreicherung. Die Läsion wurde sonografisch unterstützt punktiert.

Weiterer Verlauf:

Der pathologische Befund beschrieb das Untersuchungsmaterial als altersentsprechendes Lebergewebe. Dieser Befund überraschte die behandelnden Ärzte, da im Vorbefund des CT vor sechs Monaten der Rundherd eindeutig nicht darstellbar gewesen war und damit einen weiteren hochverdächtigen Aspekt einer möglichen Metastase darstellte. Aus diesem Grund wurde eine sonografische Kontrolle bereits nach vier Wochen durchgeführt. Darin zeigte sich die Läsion unverändert.

Jedoch weitere drei Monate später stellte sich eine Tumorprogression des Leberherdes dar, der nun die doppelte Größe mit einem Durchmesser von 3 cm erreicht hatte. Durch eine PET konnte die Läsion als Metastase eingeordnet und weitere Maßnahmen eingeleitet werden.

Fazit:

Vermutlich hatte die sonografische Punktion die verdächtige Leberläsion verfehlt. Da die Kliniker bereits nach dem pathologischen Befund skeptisch blieben, hätten Sie mit einer erneuten Punktion die richtige Diagnose der Läsion zu Gunsten des Patienten früher in Erfahrung bringen können.

Obwohl verschiedene Bildgebungen diagnostisch übereinstimmten, wurde dem abweichenden pathologischen Urteil vertraut. Hier handelte es sich um einen unvermeidbaren Fehler bei der Gewinnung des Biopsates, jedoch mit vermeidbaren Folgefehlern, darauf zu beharren und keine zweite Punktion durchgeführt zu haben.

3.3.5 Fall 5: metastasenartiges Hämangiom

Aufnahmegrund:

Bei einer 50-jährigen Patientin war ein Mammakarzinom diagnostiziert, sowie eine Brust-erhaltende Therapie durchgeführt worden. Im Rahmen des Staging erfolgte eine Sonografie des Abdomens.

Sonografischer Befund:

Abb. 3.8: Fall 5: B-Bild Befund der Leberläsion bei Mammakarzinom



Abb. 3.8: Nachweis einer echoreichen fokalen Läsion von 2 cm im linken Leberlappen.

Abb. 3.9: Fall 5: CEUS Befund in der arteriellen Phase



Abb. 3.9: Verstärktes Randenhancement des Rundherdes in der arteriellen Phase.

Abb. 3.10: Fall 5: CEUS Befund in der Portalvenösen Phase

Abb. 3.10: Vermindertes Enhancement in der portalvenösen Phase, vereinbar mit Lebermetastase.

Abb. 3.11: Fall 5: CEUS Befund in der späten Phase

Abb. 3.11: Hypoenhancement der Leberläsion in der späten Phase, vereinbar mit Lebermetastase.

Weiterer Verlauf:

Es folgte eine Stanzpunktion der Leberläsion. Der pathologische Befund entsprach einem Hämangiom der Leber.

Fazit:

Dieser Fehler wurde als unvermeidbar eingestuft. Die Entscheidung zur Biopsie war richtig gewesen.

3.3.6 Fall 6: verkapselte Pankreaszyste

Aufnahmegrund:

Eine 66 jährige Patientin stellte sich zur Abklärung einer zystischen Raumforderung im linken Abdomen vor. Sie beklagte bereits seit sechs Wochen unter drückenden, linksseitigen Bauchschmerzen zu leiden.

Sonografischer Befund:

Abb. 3.12: Fall 6: B-Bild Befund: Nierenzyste



Abb. 3.12: Im linken Oberbauch imponierte eine 12x8 cm große Zyste am ehesten von der Niere ausgehend.

Abb. 3.13: Fall 6: CEUS Befund der Zyste



Abb. 3.13: In der CEUS stellte sich die Zyste mit unregelmäßiger Wand dar und Septierung.

Abb. 3.14: Fall 6: CT Befund: Pankrespseudozyste

Abb. 3.14: Im CT Befund stellte sich eine 12x12x11 cm große Zyste in der Bursa omentalis liegend am ehesten vom Pankreasschwanz ausgehend (Pankrespseudozyste) mit Verdrängung der linken Niere nach kaudal dar. Differentialdiagnostisch wurde eine linksseitige Nierenzyste der ventralen Wand als weniger wahrscheinlich eingeschätzt. An der Niere wurde kaudal davon eine 4x4x3 cm große Zyste mit Verkalkung und Septierung beschrieben mit V.a. Bosniak Zyste III.

Endosonografisch stellte sich die Zyste an das Pankreas heranreichend dar, war aber durch eine Lamelle getrennt und gegenüber dem Pankreas atemverschieblich. Eine Verbindung zur Niere konnte nicht gezeigt werden.

Weiterer Verlauf:

In Folge dessen wurde die Zyste sonografisch punktiert (800ml) und das Punktat laborchemisch untersucht. Darin zeigten sich Amylase, Lipase und CEA deutlich erhöht.

Am darauffolgenden Tag war die Zyste in der sonografischen Kontrolle erneut mit Flüssigkeit gefüllt, sowie deutliches Wandenhancement mittels Kontrastmittel sichtbar.

Im MRT konnte ein muzinöser Tumor nicht ausgeschlossen werden, sodass in einer klinischen Fallbesprechung entschieden wurde, die Zyste zu resezieren.

Bei der laparoskopischen Exploration des Abdomens war es zunächst nicht möglich den zystischen Tumor einem Organ zuzuordnen, da er mit Pankreasschwanz, Magenhinterwand, Milz und Mesocolon verwachsen war.

Im pathologischen Befund zeigte sich, dass es sich um eine muzinöse Neoplasie des Pankreasschwanz mit Dysplasien handelte.

Fazit:

Dieser Fehler wurde als unvermeidbar eingestuft, da bei diagnostischer Unsicherheit alle beteiligten Fachabteilungen und mögliche Bildgebungen hinzugezogen wurden.

4 Diskussion

In dieser Diskussion sollen die beschriebenen und analysierten diagnostischen sowie interventionellen Fehler, dokumentiert in einem universitären Ultraschallzentrum der DEGUM Stufe III, nach folgenden fünf Kriterien zusammengefasst, interpretiert und diskutiert werden:

1. Fehler bedingt durch falsche Geräteeinstellung
2. Fehler durch patientenbedingte Einschränkungen
3. Fehler bedingt durch äußere Einflüsse
4. Fehler des Untersuchers
5. Folgekonsequenzen der Fehler

4.1 Geräteeinstellung

Die Einstellungen des Gerätes (z. B. Fokuseinstellung, Gesamtverstärkung und Tiefenausgleich), die korrekte Wahl der Ultraschallsonde (Frequenzen, Harmonik-Imaging) sowie die Modalität der Untersuchung (B-Bild, FDS, CEUS) hat maßgeblichen Einfluss auf die diagnostische Treffsicherheit des Ultraschalls und spielt in der Ausbildung und Weiterbildung in der Ultraschalldiagnostik eine herausragende Rolle (Schmidt et al., 2015).

Die korrekte Anwendung des Ultraschallgerätes konnte in der vorliegenden Studie nicht evaluiert werden. In der vorliegenden Studie ist aber davon auszugehen, dass der Untersucher der DEGUM Stufe III die Geräteeinstellung und Wahl der Ultraschallsonden korrekt durchgeführt hat. Dies muss bei der Fehleranalyse und Diskussion grundsätzlich berücksichtigt werden. Lediglich die Modalität der angewandten Geräteeinstellung wurde in der vorliegenden Arbeit dokumentiert.

Hinsichtlich der Auswahl des Untersuchungsmodus als mögliche Fehlerquelle für die Diagnosestellung zeigte sich in den Ergebnissen, dass die meisten gesammelten diagnostischen Fehler mit 62,3% unter Benutzung des B-Bild Modus entstanden waren. Der Modus mit der niedrigsten Anzahl von Fehldiagnosen war die FDS mit 4,5% der diagnostischen Fehler. Um eine Aussage über die Fehlerquote treffen zu können, wurde die Anzahl der gesamten Untersuchungen im Rekrutierungszeitraum nach jeweiligem Modus in einer Hochrechnung geschätzt. Im Verhältnis zu diesen Referenzwerten

(Tabelle 2.4, S.30) zeigte sich die CEUS mit 1,1% (51/4662) als Modus mit der höchsten Fehlerrate. (B-Bild 0,4% (96/22378); FDS: 0,2% (7/4507)). Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse ist zu beachten, dass es sich um verschiedene Krankheitsbilder handelte.

Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass der CEUS Modus mehr Fehler in der Diagnostik aufweist, als der B-Bild Modus, und dieser wiederum mit mehr Fehldiagnosen assoziiert ist als der FDS-Modus.

Eine Studie von Herbay et al. unterstützte die Annahme, dass im B-Bild-Modus mehr Fehler entstehen, als im FDS-Modus (Herbay et al., 2002). Sie zeigte anhand einer Population von 1350 abdominellen Sonografien, dass die Anwendung des Modus FDS die diagnostische Sicherheit erhöht. Von den untersuchten Patienten konnte in 5% der Fälle die differentialdiagnostische Zuordnung durch die FDS-Untersuchung erreicht werden. Herbay et al. äußerten die Schlussfolgerung, dass der gezielte Einsatz des Modus „FDS“ zur Abklärung unklarer Befunde im B-Bild die Rate an Fehldiagnosen besonders bei Patienten mit portaler Hypertension vermindert.

Es stellt sich die Frage, ob die gestellte Annahme einem Fehler unterliegt, da die Möglichkeit besteht, dass die Krankheitsbilder, in welchen die Vaskularisation oder Blutströmung anhand des FDS-Modus untersucht wurden, einfacher zu stellende Diagnosen sein könnten und dadurch die Überlegenheit des FDS-Modus gegenüber B-Bild und CEUS vorgetäuscht sein könnte.

Die Aussage, dass der Modus CEUS mehr Fehler aufweist, als im B-Bild kann anhand der Literatur nicht nachvollzogen werden. Beispielsweise konnte einer Meta-Analyse zur Detektion von Lebermetastasen eine niedrige Sensitivität des B-Bild Modus und FDS Modus (durchschnittlich 55%) zeigen (Kinkel et al., 2002). Dagegen konnte für die CEUS hinsichtlich der Erkennung von Lebermetastasen eine Sensitivität von 70% beschrieben werden (Correas et al., 2011). Eine weitere Studie unterstützt diese Erkenntnis, hier lag die Sensitivität des B-Bild-Modus bei 67% zur Detektion von Lebermetastasen, bei der CEUS lag sie bei 90% (Oldenburg et al., 2005).

Die CEUS kann in gewissen Fragestellungen genauere Eigenschaften eines Befundes erkennen. In der Diagnostik von Leberveränderungen verbessert sie die Sensitivität und ermöglicht eine sofortige Dignitätseinschätzung (Skjoldbye et al., 2006). Eine DEGUM-Multicenterstudie zeigte 2012, dass die CEUS die Dignität von noch unklaren

Leberläsionen nach der Sonografie durch den B-Bild- und FDS-Modus mit einer Richtigkeit von 90,3% beurteilen konnte. In 6,8% blieb die Dignität der Läsionen nach CEUS unklar (Bernatik et al., 2010). Eine Studie von Tübingen zeigte 2004 eine Verbesserung der Sensitivität der Dignitätszuordnung von Leberläsionen durch CEUS von 78% auf 100% und eine Spezifität von 23% auf 92% im Vergleich zur B-Bild Sonografie (Herbay et al., 2004; Strobel et al., 2008).

Auch in anderen Studien konnte eine Verbesserung der Charakterisierung von Leberläsionen durch CEUS gezeigt werden. (Leen et al., 2006; Heese et al., 2006; Wu et al., 2006; Wang et al., 2008; Wang et al., 2009; Sporea et al., 2014; Oldenburg et al., 2008)

Auch bei der Auswertung der Vermeidbarkeit der Fehler konnte beobachtet werden, dass in n=19 (12,3%) Fällen der Fehler vermutlich durch die Verwendung von CEUS vermeidbar gewesen wäre (siehe Grafik 3.16, S. 56). Auch dies dient als Hinweis darauf, dass der CEUS Modus mit einer höheren Genauigkeit einhergeht.

Diese erläuterten Aspekte stimmen nicht mit dem Ergebnis überein, dass CEUS der Modus mit der höchsten Fehlerquote einhergeht.

Trotz der Überlegenheit in manchen Fragestellungen gegenüber dem B-Bild Modus, unterliegt der Modus CEUS seinen Grenzen. Verschiedene Ursachen können zu möglichen Missinterpretationen führen, die auf physikalischen Grundlagen basieren (Dietrich et al., 2011). Des Weiteren ist zu bedenken, dass sich in seltenen Fällen Befunde finden, die sich unter CEUS nicht nach gewöhnlichen Eigenschaften der Kontrastmittelanreicherung darstellen, wie z.B. in seltenen Fällen metastasenartige noduläre regeneratoische Hyperplasie (Höpfner et al., 2014). Auch in der beschriebenen Kasuistik Fall 5 (S. 78) zeigte sich, dass Hämangiome sich wie Metastasen der Leber darstellen können. Kommt in solchen Fällen noch eine maligne Grunderkrankung des Patienten hinzu, zieht der Untersucher aufgrund seiner Erfahrung vermutlich keine benigne Läsion der Leber als Diagnose in Betracht. Dies wurde auch bei der näheren Betrachtung der entstandenen Fehler unter CEUS deutlich (siehe Tabelle 3.3, S. 39).

Da dem Modus CEUS eine hohe Sensitivität zugesprochen wird, stellt sich die Frage, weshalb sie in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit als Modus mit der höchsten Fehlerquote erscheint. Man könnte diskutieren, ob die Krankheitsbilder, in welchen die

CEUS hinzugezogen wird, einer Selektion unterliegen, da sie nur in schwierigeren Diagnosen oder bei bestehender Unsicherheit nach B-Bild und FDS verwendet wird. Zusätzlich imponiert das Standardverfahren der B-Bild Sonografie mit einer hohen Referenzzahl, d.h. im Rekrutierungszeitraum wurde der B-Bild Modus mehr als 20.000 mal benutzt, darunter befinden sich auch Patienten ohne Läsionen (siehe Tabelle 2.4, S.30). Der Modus CEUS dagegen wurde im Rekrutierungszeitraum weniger als 5.000 mal benutzt, wobei in diesen Fällen bereits Läsionen gefunden wurden und diese anhand von Kontrastmittel näher untersucht wurden. Um eine solche Selektion auszuschließen, müsste man in weiterführender Forschung einzelne Krankheitsbilder in den verschiedenen Modi auf Fehldiagnosen untersuchen.

4.2 Patientenbedingte Einschränkungen

Eingeschränkte Schallbedingungen limitieren die diagnostische Treffsicherheit des Ultraschalls beträchtlich und spielen im klinischen Alltag eine wichtige Rolle. Mögliche Limitationen werden in Tabelle 4.1 zusammengefasst.

Tabelle 4.1: Patientenbedingte Limitationen der Ultraschalluntersuchung

Limitationen der Ultraschalluntersuchung
Vorausgegangene Untersuchung mit Gasinsufflation (Cokkinos et al., 2008) Bsp. Koloskopie, Laparoskopie
Vorausgegangene Untersuchung mit Barium als Kontrastmittel (Kujat et al., 1983)
Nahrungsaufnahme vor der Untersuchung kann Schallbedingungen beeinflussen (Kujat et al., 1983)
Leere Harnblase kann Beurteilung des Beckens beeinflussen (Loch et al., 1985)
Adipositas (Cosgrove et al., 2013; Oldenburg et al., 2008)
Darmgas (Cokkinos et al., 2008; Gladisch et al., 1985)
Patient ist nicht zur Kooperation in der Lage (Kujat et al., 1983) Bsp.: Motorische Unruhe, Dyspnoe, Schmerzen, Demenz
Schwierig einsehbare Organregionen Bsp.: Lebersegment VIII (Claudon et al., 2013a); Subphrenische Leberabschnitte (Oldenburg et al., 2008)

Nach der aktuellen Literatur ist es schwierig genau festzustellen, in wie vielen Ultraschalluntersuchungen grundsätzlich von eingeschränkten Schallbedingungen auszugehen ist, da entsprechende Veröffentlichungen zu diesem Thema selten und teilweise lückenhaft sind.

Eine griechische Studie beschrieb, dass in 25,9% der Fälle (135/522) abdominelle Ultraschalluntersuchungen beeinträchtigt waren aufgrund von Gas oder Flüssigkeit (Cokkinos et al., 2008). Diese Beeinträchtigungen bezogen sich auf Darmgas, welches die Sicht auf das Pankreas beeinträchtigte; Sichteinschränkungen der rechten Leber und der Milz aufgrund von Darmschlingen; und Flüssigkeit im Peritonealraum, welche die Sicht auf Leber, Pfortader und Milz einschränkte. Jedoch wurden die Bedingungen der Studie in dem Kongressbeitrag nicht näher erläutert, sodass man z.B. den Ausbildungsstatus des Untersuchers oder die Qualität des Gerätes nicht mit der vorliegenden Arbeit vergleichen kann.

Im Gegensatz zu der hoch erscheinenden Anzahl von schwierigen Schallbedingungen in der griechischen Studie (25,9%), wurde in den Befundberichten der vorliegenden Arbeit bei den diagnostischen Fehlern in 3,9% (6/154) und bei den interventionellen Fehlern in 4,2% (1/24) eingeschränkte Schallbedingungen vermerkt. Daraus können zwei kontroverse Schlussfolgerungen gezogen werden. Entweder sind die Fehler wenig in Zusammenhang mit patientenbedingten Störfaktoren des Ultraschallbildes entstanden, oder die Dokumentation schwieriger Schallbedingungen ist nicht konsequent durchgeführt worden.

Um genaue Aussagen über schwierige Schallbedingungen treffen zu können ist es sinnvoll in zukünftigen Studien ein standardisiertes Erhebungsprotokoll zu integrieren, welches die Qualität der Schallbedingungen erhebt und tatsächliche Schwierigkeiten bei schlechten Schallbedingungen dokumentiert.

Neben der tatsächlichen Sicht auf die zu untersuchende Region spielt auch die Kooperation des Patienten eine Rolle. Ob der Patient orientiert und ruhig die Untersuchung zulassen kann, oder ob er Schmerzen hat, unter Dyspnoe leidet oder motorisch unruhig ist, trägt zu der Qualität der Ultraschalluntersuchung bei. Insbesondere kann ausgeprägter Meteorismus die Untersuchung besonders im Oberbauch limitieren (Kujat et al., 1983). Diese patientenbezogenen Faktoren sind in

der Fehleranalyse nicht erhoben worden, da sich retrospektiv hierzu keine Daten finden lassen.

In dieser Arbeit wurde das Alter der Patienten als weiterer Faktor analysiert. Die meisten Patienten waren älter als 61 Jahre (diagnostische Fehler: 51,3%; interventionelle Fehler: 50%). Anhand dieser Daten ist zu vermuten, dass das höhere Alter einen Einfluss auf die entstandenen Fehler hatte, oder Faktoren, die mit erhöhtem Alter einhergehen.

In einer prospektiven Studie (Castéra et al., 2010) über transiente Elastografie bei Patienten mit chronischer Lebererkrankung zeigte sich, dass die Messung der Lebersteifigkeit in einem von fünf Fällen nicht interpretierbar war aufgrund von Adipositas, erhöhtem Hüftumfang oder begrenzter Erfahrung des Untersuchers. Auch das Alter der Patienten von >52 Jahre schien mit dem „Versagen“ der Methode assoziiert zu sein. Diese Veröffentlichung unterstützt die Aussage, dass Faktoren wie zunehmendes Alter und Gewicht Limitationen der Ultraschalluntersuchung darstellen können. Man könnte daraus vermuten, dass mit höherem Alter vermehrt sonografische Fehler auftreten. Solch eine Aussage ist jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da zum einen mehrere Faktoren mit zunehmendem Alter einhergehen, wie z.B. chronische Erkrankungen, Immobilität, maligne Erkrankungen und zum anderen benötigt man das durchschnittliche Alter der Patienten im Ultraschalllabor insgesamt, also auch die Patienten, bei denen kein sonografischer Fehler bemerkt wurde.

Ein weiterer patientenbedingter Aspekt wurde in den Leitlinien der EFSUMB für die transiente Elastografie der Leber. Darin wurde durch die Studie von Castéra und weiteren Publikationen ein Zusammenhang mit zunehmendem „Versagen“ der Methode und steigenden BMI-Werten (>30kg/m²) beschrieben (Cosgrove et al., 2013; Castéra et al., 2010). Jedoch ist fraglich, ob die Ergebnisse dieser Publikationen im Bezug auf die Elastografie vergleichbar sind mit den in der vorliegenden Arbeit verwendeten Modi des Ultraschalls (B-Bild, FDS, CEUS). Außerdem konnte der BMI-Wert in der vorliegenden retrospektiven Arbeit nicht erhoben werden. Für zukünftige Forschung wäre es wünschenswert, den BMI-Wert und den Hüftumfang bei der untersuchten Population zu erheben.

In einer älteren Veröffentlichung (Gladisch et al., 1985) wurde über die verbesserte Beurteilbarkeit der abdominalen Organe in der Ultraschalluntersuchung nach Verwendung von antimeteoritischen Medikamenten berichtet. Daraus wurde deutlich,

dass besonders der Bereich des abdominellen Gefäßbandes und die Organe des Epigastriums häufig nur eingeschränkt beurteilbar waren aufgrund von intestinaler Gasansammlung. Es wurde eine unzureichende Darstellbarkeit der Pankreasmorphologie von 50% ohne Vorbereitung der Patienten mit antimeteoritischen Medikamenten beschrieben, die mit antimeteoritischer Vorbereitung bei 20% lag. Über den Ausbildungsstatus der Untersucher wurde in jener Arbeit nicht berichtet. Vergleicht man diese Prozentzahlen mit der vorliegenden Arbeit, bei der in 7,2% der sonografischen Untersuchungen des Pankreas (1/14) vermerkt wurde, dass schwierige Schallbedingungen vorlagen, so könnte man vermuten, dass sich die sonografische Darstellung des Pankreas in den letzten 30 Jahren deutlich verbessert hat. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass in der älteren Studie Untersucher mit weniger sonografischer Erfahrung die Darstellbarkeit beurteilt hatten. Zusätzlich ist die Prozentzahl der vorliegenden Arbeit zu kritisieren, da die Anzahl der fehlerfreien Ultraschalluntersuchungen des Pankreas mit schwierigen Schallbedingungen nicht zur Verfügung standen und möglicherweise dadurch ein Bias der Auswertung über die Schallbedingungen des Pankreas vorliegen.

Zusätzlich wurde in der vorliegenden Arbeit untersucht, ob in der Sonografie bestimmte Organregionen anfälliger für diagnostische Fehler waren. Es zeigte sich, dass die Diagnose der Appendix vermiformis und der Thoraxwand häufiger mit diagnostischen Fehlern hervortraten im Vergleich zu anderen Organregionen. Die Milz, Gallenblase und Niere dagegen schienen eher wenig mit diagnostischen Fehlern assoziiert zu sein. Da die Diagnose der Appendizitis mit Schwierigkeiten einhergeht, soll diese Thematik in einem späteren Kapitel 4.5.2.2 „Nicht indizierte Folgeoperation“, S. 101 erläutert werden.

Anhand dieser Daten scheint die Sonografie der Thoraxwand durch das Thoraxskelett und den Luftgehalt mit Schwierigkeiten verbunden zu sein.

Einen kontroversen Standpunkt dazu brachte eine Studie über sonografische Beurteilungen von Rippen- und Sternumfrakturen (Bitschnau et al., 1997). Darin konnte die Diagnostik von Rippen- und Sternumfrakturen mittels Ultraschall eine Überlegenheit gegenüber dem Röntgen des Thorax aufzeigen. Es wird in der Literatur beschrieben, dass die Thoraxsonografie besonders im Bereich des Mediastinums eine

hohe Sensitivität in Bezug auf Raumforderungen mit sich bringt, mit Ausnahme des hinteren Mediastinums (Hirche et al., 2002; Bitschnau et al., 1997).

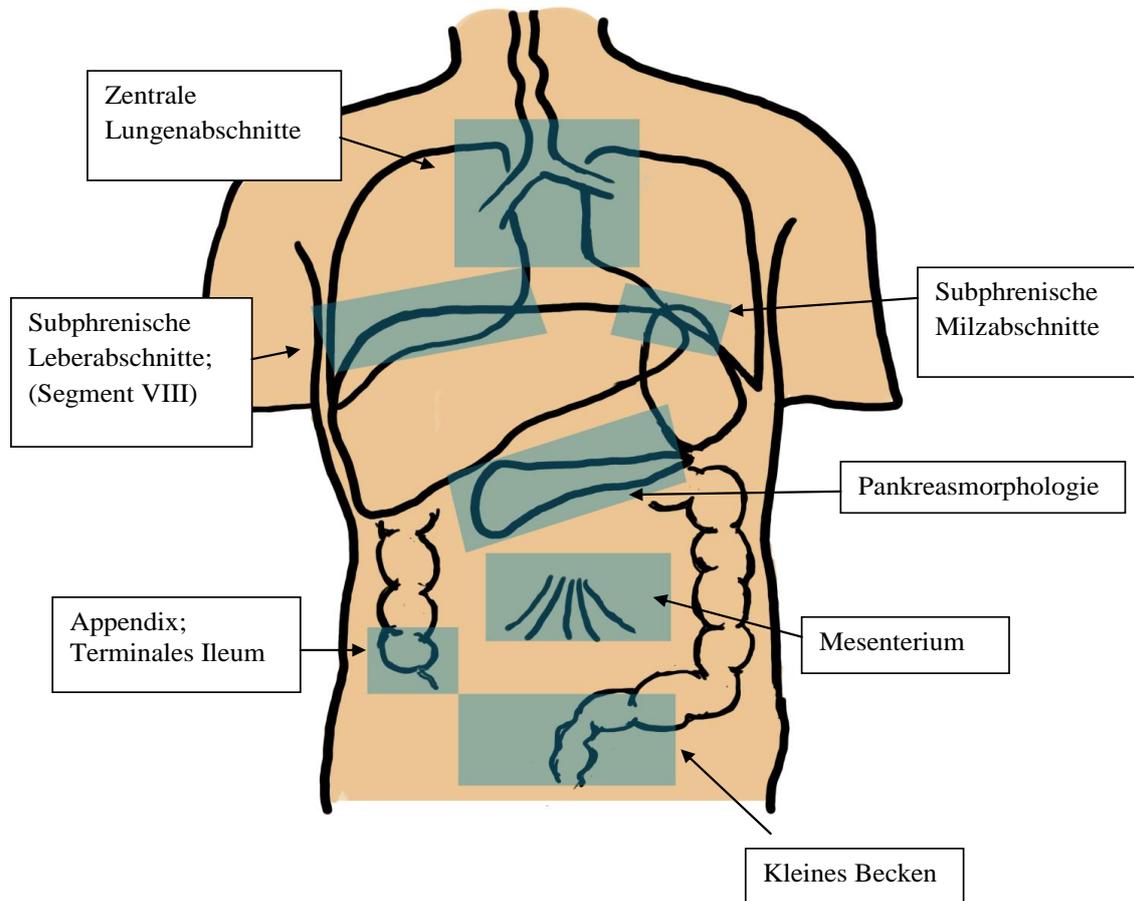
Mathis et al. unterstützen die Aussage, dass die Thoraxsonografie eine gute Methode ist, um Erkrankungen in diesem Bereich zu detektieren und differenzieren. Sie verweisen darauf hin, dass die Thoraxsonografie im Kontext vom Röntgenbild und anderen bildgebenden Verfahren eingesetzt werden sollte (Mathis, 1997).

Es stellt sich folglich die Frage, warum die Thoraxwand in der vorliegenden Arbeit anfälliger für diagnostische Fehler erscheint. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Hochrechnung der Anforderungen für die Thoraxwand im Rekrutierungszeitraum falsch niedrig ist und sich dadurch die Thoraxwand anfälliger für Fehler darstellt. Um die Wertigkeit der Sonografie der Thoraxwand einzuschätzen, wäre es hilfreich in folgender Forschung alle Thoraxwandsonografien zu erheben und anhand eines Referenzdiagnostikums die endgültige Diagnose zu vergleichen. Dabei wäre es interessant die genaue Region des Thorax (mediastinal, axial, subclaviculär u.a.) zu erfassen, um möglicherweise Schwachstellen der Thoraxsonografie aufgrund von anatomischen Gegebenheiten zu erkennen.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse und unter Einbezug der ermittelten schwierigen Schallbedingungen in der Literatur, wurde folgende Abbildung erstellt, die die Problemzonen der Sonografie veranschaulichen soll.

Grafik 4.1: Veranschaulichung von Organregionen mit bekannten schwierigen Schallbedingungen

Quelle: Fotoshop mit Unterstützung von S. Catterfeld



4.3 Äußere Faktoren

Es ist zu vermuten, dass nebensächlich erscheinende Faktoren wie Hektik im Untersuchungsraum und Zeitmangel aufgrund von langen Warteschlangen vor dem Untersuchungsraum die Konzentration des Untersuchers beeinträchtigen. Vermutlich könnten Ablenkungen dieser Art als äußerer Faktor Einfluss auf die Durchführung einer Ultraschalluntersuchung haben. Insbesondere der Zeitmangel in der heutigen Medizin, die nach dem Medizinethiker G. Maio immer mehr als Industriebetrieb organisiert wird, könnte ein Einflussfaktor auf die entstandenen Fehler sein. Er beschrieb, dass die Bestrebungen der Effizienzsteigerung zur Beschleunigung zwingen und dadurch die Atmosphäre der Ruhe und Geduld verloren gehen (Maio, 2014).

Diese Faktoren konnten in der vorliegenden Studie nicht erhoben werden. Für zukünftige Forschung wäre es wünschenswert auf diese Aspekte anhand von Fragebögen der Untersucher einzugehen.

In dieser Arbeit konnte von den äußeren Faktoren lediglich die Tageszeit der Fehlerentstehung erhoben werden. Die hier gesammelten diagnostischen Fehler waren gleichmäßig verteilt auf die Vor- oder Nachmittagszeit. Bei der Betrachtung der diagnostischen Fehler fällt auf, dass sie sich deutlich in der Mittagszeit häufen, da 51,2% zwischen 11:00 Uhr und 14:00 Uhr entstanden waren. Hierfür wäre es interessant zu erfahren, inwieweit dem Untersucher Erholungspausen ermöglicht wurden, da in Studien gezeigt werden konnte, dass solche Pausen zu einer Verringerung von Fehlern oder Unfallrisiko führen können (Kopardekar et al., 1994; Tucker, 2003).

Die interventionellen Fehler waren dreifach häufiger nachmittags aufgetreten als vormittags. Das Ergebnis wirft die Frage auf, ob Interventionen besser vormittags im Untersuchungsablauf durchgeführt werden sollten.

In einer Arbeit zum Thema Unfallrisiko in Abhängigkeit zur Tageszeit stellte sich heraus, dass das Unfallrisiko mit der Dauer der Arbeitszeit zunimmt, und exponentiell ansteigt ab der neunten Arbeitsstunde in Folge. Ebenso zeigten sie besonders hohe Unfallzahlen in den Stunden zwischen 10:00 Uhr bis 11:00 Uhr, und 14:00 Uhr bis 15:00 Uhr (Häenecke et al., 1998). Vergleicht man nun das Unfallrisiko, welches scheinbar vormittags und nachmittags besteht, mit interventionellen Fehlern, dann wirken diese Ergebnisse nicht überzeugend um eine Empfehlung zu äußern, die Interventionen lediglich vormittags durchzuführen, da nach der Arbeit von Häenecke et al. ein Unfallrisiko auch vormittags bestünde. Im Gegensatz zu der Arbeit von Häenecke et al. beziehen sich die interventionellen Fehler nur auf einen Untersucher und nicht auf zahlreiche registrierte Unfälle unterschiedlicher Verursacher. Es ist also zu diskutieren, ob speziell bei interventionellem Ultraschall die Gefahr für Fehler vormittags niedriger ist. Um diese Aussage deutlich belegen zu können, wäre es für weiterführende Forschung wünschenswert, fehlerhafte Interventionen bezüglich ihrer Entstehungszeit zu untersuchen. Dies müsste anhand bereits vorhandener umfangreicher Datenmengen siehe (Strobel et al., 2013) möglich sein.

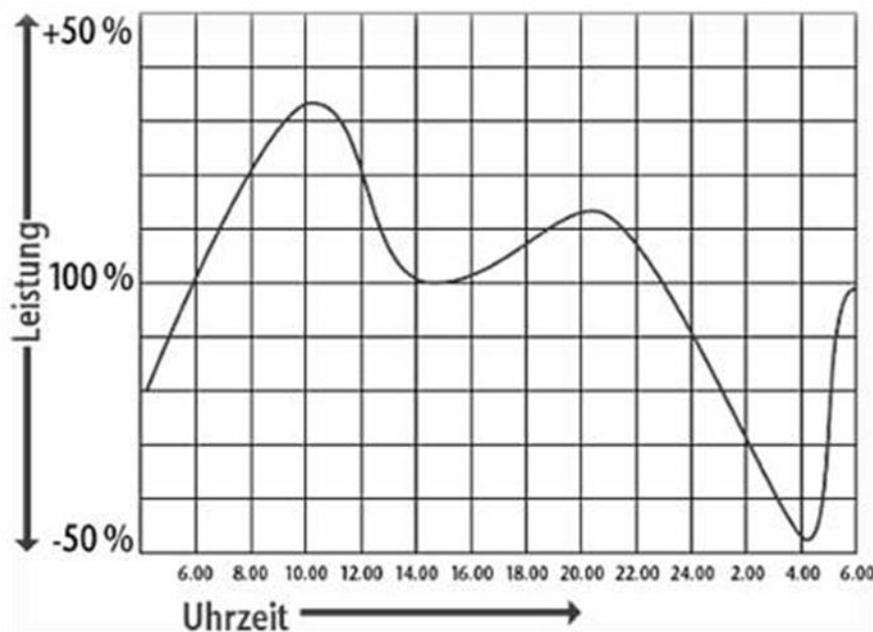
Dennoch bleibt zu diskutieren, ob ein Unfall mit einem interventionellen oder diagnostischen Fehler gleichgesetzt werden kann. Für die Entstehung eines Unfalls kann man Unachtsamkeit einzelner oder mehrerer Personen vermuten oder das

Zusammentreffen unglücklicher Zufälle. Dagegen war der Mangel an Aufmerksamkeit nicht notwendiger Weise eine Ursache bei den diagnostischen Fehlern, was anhand der Kasuistiken S. 70-82 veranschaulicht wurde. In manchen Fällen lagen möglicherweise Grenzen des Diagnostikums vor oder im gesonderten Einzelfall Abnormitäten, die von den gängigen Befunden abwichen und dadurch zum diagnostischen Fehler führten.

Die schwedischen Autoren Bjerner und Holm lieferten bereits 1948 Erkenntnisse über die Leistungskurve in Abhängigkeit der Arbeitszeit. Sie ermittelten Fehlablesungen von Gasarbeitern über einen Zeitraum von 20 Jahren. Die Fehlablesungen traten insbesondere nachts zwischen 1:00 – 5:00 Uhr und nachmittags weniger ausgeprägt zwischen 14:00 – 15:00 Uhr auf (Baur, 2013; Bjerner et al., 1955).

In mehreren Publikationen über Zeitmanagement wird die REFA-Normkurve (Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung) beschrieben und dargestellt (Seiwert, 2001; Geipel, 2003; Frodl, 2013).

Grafik 4.2: REFA-Normkurve: Durchschnittliche Leistungskurve nach Tageszeit (Seiwert, 2001)



Mit freundlicher Genehmigung des GABAL-Verlages

Sie besagt, dass am Vormittag der Leistungshöhepunkt liegt und dieses Niveau während des gesamten Tages nicht mehr erreicht wird. Nachmittags liegt ein Leistungstief

üblicherweise nach dem Mittagessen vor, gefolgt von einem kleinen Leistungsanstieg zum Abend hin und kontinuierlichem Leistungsabfall zur Mitternacht (Seiwert, 2001). Betrachtet man die in dieser Studie erhobenen Ergebnisse und die Leistungskurve gemeinsam, könnte man annehmen, dass fehleranfällige Interventionen vorrangig vormittags durchgeführt werden sollten. Dennoch sollte solch eine Empfehlung mit Vorsicht betrachtet werden, da die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auf einer geringen Population basieren mit $n=24$ interventionellen Fehlern. Für eine weiterführende Forschung wäre es wünschenswert, eine größere Population von sonografischen Interventionen bezüglich Tageszeit und Komplikationen zu beobachten.

Neben den Gegebenheiten im Untersuchungsraum hat die klinische Anmeldung, welche den klinischen Hintergrund des Patienten knapp formuliert, eine spezielle zu untersuchende Organauswahl anfordert und eine Fragestellung an den Ultraschaller stellt, einen Einfluss auf die diagnostische Treffsicherheit der Ultraschalluntersuchung. Grundsätzlich ist zu bemerken, dass der Ultraschall keine Übersichtsbildgebung darstellt, d.h. eine komplette Untersuchung des Abdomens nicht möglich ist. Der Ultraschall stellt eine Untersuchung dar, welche ganz konkret klinische Fragen beantwortet. So kann bei einer sogenannten „Routinesonografie“, welche gewöhnlich im B-Bild Modus durchgeführt wird, eine Lebermetastasierung nie ausschließen, da hierfür die CEUS eine Methode mit deutlich höherer Sensitivität darstellt (Bernatik et al., 2010). Eine routinemäßig durchgeführte Ultraschalluntersuchung mit CEUS Modus ist aber auch aus Kostengründen und Zeitgründen nicht möglich und nicht indiziert.

Die korrekte Ultraschallanmeldung bestimmt wesentlich die Richtung und den Wert der Ultraschalldiagnostik. Auch hat sie zur Folge, dass weitere Informationen aus der klinischen Akte herangezogen werden müssen. (Beispiel: Bei der Frage: „Kann der Lungenrundherd dargestellt und punktiert werden?“, ist das Vorhandensein einer CT Übersicht unabdingbar, da nur so die Stelle identifiziert werden kann, wo der Lungenrundherd gesucht werden muss. Dem Ultraschaller muss diese klinische Information zugänglich sein.)

In dieser Arbeit wurden die klinischen Anmeldungen der gesammelten Fehler im Ultraschall ausgewertet. Von den ausgewerteten Bögen waren 20% (25/125) mangelhaft. Dabei bestanden die meisten Mängel darin, dass die Auswahl des zu

untersuchenden Organs in 15,2% (19/125) nicht ausgefüllt war. Die Notwendigkeit dieses Vermerkes lässt sich diskutieren. Zum einen wurde in 16 von 19 Fällen der inkorrekten oder fehlenden Organauswahl bemerkt, dass obwohl das Organ nicht im Anmeldeformular angekreuzt war, die Pathologie dennoch erkannt wurde, und somit die fehlerhafte klinische Anmeldung nicht im Zusammenhang mit dem entstandenen diagnostischen Fehler stand. Zum anderen ist zu erwähnen, dass nicht ausgewertet wurde, ob es tatsächlich ein wissentlicher Fehler der Kliniker war, das Feld unausgefüllt zu lassen, oder ob sie zu dem jeweiligen Zeitpunkt der Anmeldung im diagnostischen Procedere von der Pathologie des betreffenden Organes noch nicht gewusst hatten. Letzteres würde eine nicht vermeidbare Fehlerquelle darstellen.

In dieser Arbeit fehlte in 9,6% der ausgewerteten Anmeldebögen die klinische Diagnose auf dem Anmeldeformular. In einer Studie über den Einfluss des klinischen Hintergrundes in Bezug auf die radiologische Befundung, konnte die Verbesserung der radiologischen Thoraxbefundung durch Kenntnis der klinischen Patientengeschichte zeigen (Berbaum et al., 1993). Auch in der Studie über die internistische Referenzsonografie (Heese et al., 2006) wurde eine Trefferquote von 59,6% im Erstultraschall sowie 95,6% im Referenzultraschall gezeigt werden, wenn eine gezielte Indikation auf das zu untersuchende Organsystem vorlag. Heese et al. beschrieben, dass in 74,3% der Fälle ein Bezug zwischen gezielter Indikation und relevanter Diagnose vorlag. In den übrigen Diagnosen waren Zufallsbefunde losgelöst von der ursprünglichen Zielsetzung.

Dadurch ist anzunehmen, dass der klinische Hintergrund für die gerichtete Ultraschalluntersuchung eine große Rolle spielt. Daraus könnte man schließen, dass die fehlenden klinischen Informationen auch Einfluss auf den jeweiligen entstandenen Fehler hatten.

Insgesamt befanden sich unter den n=25 fehlerhaft ausgefüllten Anmeldeformularen n=9 Fehler, die möglicherweise durch einen korrekten Anmeldebogen vermeidbar gewesen wären (siehe Grafik 3.16, S. 56). Dies zeigt, welchen Einfluss die klinische Ultraschallanforderung auf die Untersuchung nimmt.

Um in Zukunft solche Fehler zu vermeiden, kann die Empfehlung geäußert werden, diese Problematik bereits in der Ausbildung der Stations- und Ambulanzärzte anzusprechen, da sie für die Anmeldung von Ultraschalluntersuchungen verantwortlich sind. Dabei sollten sie auf die relevanten Aspekte einer korrekten

Ultraschallanforderung (klinischer Hintergrund des Patienten; korrekte Fragestellung; korrekte Anforderung der Organauswahl) hingewiesen werden.

4.4 Erfahrung des Untersuchers

Grundsätzlich stellt die Erfahrung des Untersuchers den wichtigsten Einfluss auf die Qualität der Ultraschalluntersuchung dar und es ist anzunehmen, dass geringe Erfahrung des Untersuchers mit mehr diagnostischen und interventionellen, sonografischen Fehlern einhergeht, da häufig die sonografische Diagnose je nach Untersucher variiert. Diesbezüglich kann auf eine weitreichende Literatur hingewiesen werden (Heese et al., 2006; Baker et al., 1999; Loch et al., 1985; Amer et al., 2002; Cengiz et al., 2014; Sorokin et al., 2015). Demzufolge stellt die Aus- und Weiterbildung der Ultraschalldiagnostik eine der Hauptaufgaben der DEGUM im Allgemeinen aber auch des klinikinternen Ultraschallzentrums im Speziellen dar. In diesem Zusammenhang ist eine zertifizierte Ultraschalllehre an universitären Hochschulen und Kliniken zu fordern. Da die erhobenen Ultraschalluntersuchungen durch denselben Untersucher erfolgten, ist die Erfahrung unterschiedlich ausgebildeter Untersucher auf die Fehlerhäufigkeit nicht Gegenstand dieser Auswertung.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Befundbeschreibung des Untersuchers näher untersucht. Grundsätzlich wird in der Ultraschall- Aus- und Weiterbildung gefordert, dass 1. zunächst der zu beurteilende Befund beschrieben werden muss. Diese Leistung setzt unter anderem ein Beherrschen des „sonografischen Vokabulars“ voraus. 2. Nach Beschreibung ist der Befund zu bewerten und differenzialdiagnostische Überlegungen bzw. eine Verdachtsdiagnose sind zu formulieren. Diese Leistung setzt klinische Kenntnisse voraus („man kann nur Diagnosen stellen, die man auch kennt“). Grundsätzlich zeigt eine alleinige Befundbeschreibung an, dass der Untersucher die richtige Diagnose stellen kann.

Es stellt sich die Frage, ob es einen Einfluss auf die Fehler hatte, wenn der Untersucher einen Befund lediglich beschreibt, oder er sich mit einer Diagnose festlegt. In der Studie über die Bedeutung einer internistische Referenzsonografie (Heese et al., 2006) wurde die Befundinterpretation der Ausbildungsstufe DEGUM III analysiert. Hier wurde jedoch die Befundinterpretation in drei Kategorien eingeteilt, die sich von den hier gewählten Kategorien unterscheiden. (siehe Tabelle 4.2)

Tabelle 4.2: Einteilung der Befundbeschreibung im Vergleich zu einer Studie über die Bedeutung der Referenzsonografie durch DEGUM III

Einordnung der Befundbeschreibung	
Vorliegende Arbeit	(Heese et al., 2006)
1. Pathologischer Befunde wurde nicht erkannt und nicht beschrieben	Der Untersucher beschreibt einen Befund ohne sichere Festlegung auf eine Diagnose
2. Pathologischer Befund wurde beschrieben ohne Diagnosestellung	Der Untersucher legt sich fest, er erwähnt aber Differenzialdiagnosen
3. Pathologischer Befund wurde beschrieben und Diagnose wurde gestellt	Der Untersucher legt sich auf eine Diagnose fest

Die Kategorie „ 3. Untersucher legt sich fest und stellt eine Diagnose“ wurde auch in der vorliegenden Arbeit überprüft und lässt dadurch einen Vergleich in dieser Diskussion zu. In 50,6% der Fehldiagnosen legte sich der Untersucher auf eine Diagnose fest. In Heese et al. 2006 legten sich Untersucher der Stufe DEGUM III in 80,9% der Fälle diagnostisch fest. Hier wurde die Referenzsonografie (DEGUM Stufe III) mit Ultraschalluntersuchern eines niedrigeren Ausbildungsstatus in der Sonografie verglichen, die sich nur in 40,5% der Fälle diagnostisch festlegten. Von den Untersuchungsbefunden stellten die Untersuchungen mit Qualitätsstufe DEGUM III in 5,5% der Fälle Fehldiagnosen.

Nach der Auswertung der Befundbeschreibung der diagnostischen Fehler lässt sich sagen, dass in 50,6% der Fälle der Untersucher sich diagnostisch festlegte.

Das bedeutet, dass mit steigendem Ausbildungsgrad die Untersucher sich scheinbar häufiger festlegen als Untersucher die diesen Grad noch nicht haben. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die alleinige Befundbeschreibung ohne Stellung der richtigen Verdachtsdiagnose und die Formulierung einer falschen Verdachtsdiagnose einen Einfluss auf die weitere Behandlung hatten. Wenn es tatsächlich so ist, dass durch die Fehldiagnose auch schwerwiegende Behandlungsfehler begangen wurden, wäre es sinnvoll, in der weiterführenden Forschung zu überprüfen, in wie vielen Fällen der Fehldiagnosen sich der Untersucher festgelegt hat. Wenn dies sich als eine häufige Konstellation in Zusammenhang mit Major-Komplikationen äußert, würde es Sinn machen, diese Tatsache in der Ausbildung (DEGUM) anzusprechen, um eine

Sensibilität dafür zu schaffen, damit die Untersucher ihre Diagnose in schwierigen Fragen eher selbst hinterfragen und vorsichtiger agieren.

Bei der Analyse der Untersuchungsbefunde lässt sich schwer diskutieren, ob die entstandenen Fehler in Zusammenhang mit der alleinigen Befundbeschreibung stehen. Zumindest zeigte sich, dass in 31,8% der Fälle die Pathologie gar nicht erkannt wurde.

Anhand der Überprüfung auf Vermeidbarkeit konnten n=12 (7,8%) Fehler gefunden werden, die aufgrund von Unachtsamkeit seitens des Untersuchers entstanden waren und möglicherweise durch gründlichere Untersuchung hätten vermieden werden können. Hierbei wurde beobachtet, dass in n=9 dieser untersucherbedingten Fehler ein anderer Befund in der Untersuchung imponierte. Dadurch entstand retrospektiv die Vermutung, dass der Untersucher aufgrund dessen möglicherweise abgelenkt wurde. Dies erinnert an das „satisfaction of search“-Phänomen, dass seitens der Radiologie im Zusammenhang mit der Befundung des Röntgenbildes des Thorax einhergeht (siehe Kapitel 1.3.4, S. 19) und dieses Phänomen möglicherweise übertragbar auf die Sonografie zu sein scheint.

Eine Verdachtszahl, wie viele Fehler durch den Untersucher verursacht werden, kann nicht geäußert werden. Wenn man das Fehlermodell von Reason (siehe Einleitung, S. 4) bedenkt, so haben mehrere Ebenen Einfluss auf den Fehler und gerade im Ultraschall nimmt der Untersucher Einfluss auf viele dieser Ebenen der Diagnoseentstehung. Er entscheidet, inwieweit er weitere Möglichkeiten hinzuzieht (durch Einbeziehen vorheriger klinischer Diagnostik; Vergleichen von Vorbefunden; Kommunikation mit dem Patienten; Auswahl des Gerätemodus, seine eigene Fortbildung im Fach Sonografie, physische und psychische Gesundheit des Untersuchers etc.). Zusammenfassend konnte in der vorliegenden Arbeit der Einfluss des Untersuchers auf sonografische Fehler beschrieben, jedoch nicht anhand von Prozentzahlen ausgedrückt werden.

4.5 Folgekonsequenzen der Fehler

4.5.1 Gegenüberstellung der Fehler mit und ohne Folgekonsequenzen für die Patienten

In der vorliegenden Studie wurden die sonografischen Fehler unterteilt in diagnostische und interventionelle Fehler. Von den diagnostischen Fehlern verliefen 27,9% (43/154) der untersuchten Fehler mit auswertbaren Folgekonsequenzen. Die 24 interventionellen Fehler dagegen gingen alle (100%) mit auswertbaren Folgekonsequenzen für die Patienten einher. Die unterschiedliche Verteilung kann durch die Definition der Folgekonsequenzen, die in dieser Arbeit gewählt wurde, zustande gekommen sein. So wurden z.B. mögliche Folgekonsequenzen der diagnostischen Fehler wie „mehr Schmerzen“, „psychische Belastung“ nicht berücksichtigt, da diese Parameter retrospektiv nicht erfasst werden konnten. Dadurch könnte die tatsächliche Anzahl von diagnostischen Fehlern mit Folgekonsequenz höher sein, als die in dieser Arbeit ermittelten Werte.

Ein weiterer Grund warum diagnostische Fehler weniger zu Folgekonsequenzen führten als bei interventionellen Fehlern, ist die Tatsache, dass diagnostische Fehler durch verschiedene Referenzdiagnostika (siehe Grafik 3.1, S. 32) entdeckt werden konnten. Dadurch konnten mögliche Folgekonsequenzen vermieden werden. Dagegen war ein interventioneller Fehler per Definition bereits eine Komplikation und hatte daraus folgend eine Folgekonsequenz aufgrund der Invasivität der Intervention inbegriffen.

Bei dem Versuch diese Daten mit der aktuellen Literatur zu vergleichen, stellte sich heraus, dass es bisher keine klinischen Studien über Folgekonsequenzen nach sonografischer Fehldiagnose gibt. Es gibt jedoch zu diesem Thema einzelne veröffentlichte Kasuistiken: (Mauch, 2005; Seitz, 2014).

Dagegen existiert in der Radiologie bereits eine Sammlung von Kasuistiken mit und ohne Folgekonsequenz nach Fehldiagnosen, welche auf die diagnostischen Fehler der Radiologie im Einzelnen aufmerksam macht und Vermeidungsstrategien äußert (Lackner et al., 2009). Solch eine Sammlung wäre auch für die Sonografie wünschenswert.

Des Weiteren wurde bereits eine Reihe an Literatur zu Folgekonsequenzen bei sonografisch gesteuerten Interventionen veröffentlicht (siehe Kapitel 4.5.3 „Blutungen“ und Kapitel 4.5.4 „Pneumothorax“).

Um trotz der schwierigen Datenlagen Aussagen über die Folgekonsequenzen diagnostischer Fehler äußern zu können, wurden im Folgenden einzelne Fehler, die gehäuft vorkamen, herausgegriffen und diskutiert.

4.5.2 Folgekonsequenzen der diagnostischen Fehler

4.5.2.1 Nicht indizierte Folgebiopsie

Die nicht indizierte Folgebiopsie aufgrund einer fehlerhaften sonografischen Diagnose zeigte sich in der Fehleranalyse als häufigste Folgekonsequenz.

Unter den „nicht indizierten Folgebiopsien“ fanden sich 12 Fälle in denen es sich um Fehldiagnosen von Läsionen der Leber handelte (siehe Tabelle 3.10, S. 51 und Kapitel 3.3.5 Fall 5: metastasenartiges Hämatom, S. 78). Davon waren 6 Fälle aufgrund einer Fehlinterpretation des Ausschwemmens von Kontrastmittel in der Spätphase entstanden und wurden irrtümlicher Weise als maligne eingestuft, obwohl es sich um Inflammationen oder Hämangiome handelte. In einem Fall wiederum wurde die falsch benigne Diagnose „Hämangiom“ bei darauffolgend gesichertem HCC gestellt. Letzteres sind die gefährlicheren Fehldiagnosen, da sie mit der Verharmlosung des Gesundheitszustandes eines Patienten einhergehen.

In der Multicenterstudie der DEGUM (Bernatik et al., 2010) wurde die Sensitivität (95,8%) und Spezifität (83,1%) der CEUS von Leberläsionen geprüft. Auch hier traten in wenigen Fällen 2,5% (31/1.257) falsch maligne und seltener in 0,6% (8/1.257) falsch benigne Dignitätszuordnungen von Leberläsionen auf. In dieser Studie zeigten sich 22% aller Hämangiome mit Hypoenhancement in der späten Phase. Dieses Phänomen trat auch in einer weiteren Studie über Hämangiome auf. Diese stellten sich in 22% (13/58) der Fälle unter Verwendung von CEUS als ein inkomplettes Irisblendenphänomen dar und waren dadurch leicht mit einer malignen Läsion zu verwechseln (Dietrich et al., 2007). Die Ursache dieser Problematik könnte darin liegen, dass möglicherweise aufgrund von zu langer Schalleinwirkung oder zu hohem mechanischem Index die Kontrastmittelbläschen zerstört wurden und dadurch das frühe Ausschwemmen irrtümlicher Weise vorgetäuscht wurde. Um solche Artefakte zu umgehen wurde in jener Studie empfohlen, dauerhafte Beschallung des Kontrastmittels länger als vier Minuten zu vermeiden, d.h. zwischen den Beobachtungsphasen der CEUS die Sonografie kurzzeitig zu unterbrechen (Bernatik et al., 2010).

Besonders die kleinen (<15mm) oder ganz großen (>4-7cm) Hämangiome tendierten dazu vom typischen Irisblendenphänomen des Hämangioms abzuweichen, sowie thrombosierte Hämangiome, die ohne Kontrastmittelanflutung verblieben (Dietrich et al., 2007). Des Weiteren wird in den Leitlinien beschrieben, dass bei malignitätsverdächtigem Ausschwemmen von Leberläsionen immer die Frage nach Leberzirrhose geklärt werden muss um die verdächtige Diagnose eines HCC näher einzugrenzen (Claudon et al., 2013a).

Eine andere Studie aus Regensburg zeigte, dass die alleinige Hypoperfusion in der Spätphase nur mit mäßigem (73%) positiven prädiktivem Wert für Malignität einhergeht und in der Regel eine histologische Sicherung anzustreben sei (Schacherer et al., 2006). In der umfangreicheren Studie von Bernatik et al. wurde ein höherer positiver Vorhersagewert für die Malignitätsbeurteilung von Leberläsionen anhand von CEUS von 88,2% beschrieben (Bernatik et al., 2010).

Generell ist die CEUS eine Methode mit hoher Treffsicherheit zur Dignitätszuordnung von Leberläsionen und mit wenigen unklar bleibenden Läsionen behaftet (Strobel et al., 2008). Wie auch in den Leitlinien beschrieben wird, ist bei Unsicherheiten eine Biopsie oder zumindest Kontrollsonografien innerhalb von drei Monaten durchzuführen (Claudon et al., 2013b).

4.5.2.2 Nicht indizierte Folgeoperation

Bei der näheren Betrachtung der diagnostischen Fehler mit Folgekonsequenz „nicht indizierte Folgeoperation“ (siehe Tabelle 3.11) treten zwei Fälle hervor, in denen irrtümlicher Weise die Diagnose Appendizitis geäußert wurde. Ein Fall stellte sich nach der Operation als Entzündung im Rahmen von M.Crohn heraus, der andere Fall zeigte eine harmlose Koprostase. Im Vergleich mit der Anzahl an Ultraschallanforderungen der Appendix zeigte sich, dass die Appendix nach den ermittelten Daten das anfälligste Organ für die Entstehung von diagnostischen Fehlern war (siehe Tabelle 3.5, S.43).

Die Fehlinterpretation der normalen Appendix ist in der Literatur bereits beschrieben worden. Als eine häufige Ursache dieser fehlerhaften Interpretation wurde die Verwechslung mit dem terminalen Ileum beschrieben, sowie die fehlerhafte Beurteilung einer Entzündung bei normaler Appendix (Birnbaum et al., 2000). Die Anzahl der Patienten, die aufgrund der Fehldiagnose Appendizitis operiert wurde,

variiert in der zahlreichen Literatur zu diesem Thema; wie z.B. zwischen 15% (Lehmann et al., 2000) und 42% (Uebel et al., 1996).

Betrachtet man alle diagnostischen Fehler der Appendix vermiformis der vorliegenden Arbeit (siehe Tabelle 3.6) (also mit und ohne Folgekonsequenzen) so zeigt sich, dass alle unter Verwendung des Modus B-Bild entstanden waren.

Beschriebene Zeichen der Appendizitis im B-Bild mit hoher Sensitivität sind Durchmesser >6mm; abgerundete Form; Verlust der Kompressibilität und Fettgewebeeinfiltration (Meuwly et al., 2002).

Ebenfalls kann die Farbkodierte Duplex Sonografie zur Diagnostik der Vaskularisation einer akuten Entzündung hinzugezogen werden, indem „die Wand der Appendix mehr Farbpixel aufweist, als in jeweils drei anderen frei gewählten Darmabschnitten des Kolons oder Dünndarms“ (Lehmann et al., 2000). Jedoch ist diese vermehrte Vaskularisation nicht in jeder entzündeten Appendix darzustellen. Dieser Modus wurde als hilfreich für die akute Appendizitis Diagnostik angesehen, jedoch nicht als notwendig (Quillin et al., 1994). Ob die Verwendung eines weiteren Modus den diagnostischen Fehler vermieden hätte, kann retrospektiv nicht beurteilt werden.

Eine andere Problematik der Appendizitis-Diagnostik zeigte sich in der vorliegenden Arbeit bei der Betrachtung aller diagnostischer Fehler des Appendix (siehe Tabelle 3.6, S. 45), dass die Appendix in n=4 Fällen nicht darstellbar gewesen war und in einem Fall unauffällig imponierte, obwohl eine Inflammation vorlag.

Die Darstellbarkeit der Appendix vermiformis wurde bereits von Rettenbacher et al. diskutiert. Man hatte in einer Studie bei 300 Patienten versucht die Appendix sonografisch darzustellen. Die Studie ergab, dass dies nur in 63% der Fälle möglich war. Die Ursache der fehlenden Darstellbarkeit konnte in 38% Adipositas zugeordnet werden, in 24% einem atypisch gelegenen Zökopol und in 31% konnte keine Ursache dafür gefunden werden. Zum Ausbildungsstatus des Untersuchers wurde in dieser Studie keine Aussage gemacht (Rettenbacher et al., 1997). Eine andere Studie beschrieb ebenfalls die Schwierigkeit der Darstellung der Appendix vermiformis (Lehmann et al., 2000). Darin wurden Patienten mit unklarem, rechtsseitigem Unterbauchschmerz sonografisch untersucht. Hier konnte bei 148 Patienten die Appendix nur in 30% der Fälle dargestellt werden. Die Erfahrung des Untersuchers wurde auch in dieser Studie nicht berücksichtigt. Die Schlussfolgerung dieser Studie bestand darin, dass Patienten mit Schmerzen wahrscheinlich schlechtere Schallbedingungen boten aufgrund von

Meteorismus und Koprostase, sowie eingeschränkte Mitarbeit der Patienten. Anhand dieser Studien lässt sich ableiten, dass das Auftreten der Fehler, welche mit der ausgebliebenen Darstellbarkeit der Appendix einhergehen, in der Literatur bereits beschrieben wurde und auch in der sonografischen Befundung eines erfahrenen Untersuchers der DEGUM Stufe III vorkommt.

Des Weiteren konnte eine ältere Studie zeigen, dass die Sensitivität der sonografischen Appendix-Diagnostik durch vermehrte Erfahrung des Untersuchers und höhere Qualität des Gerätes steigt (Uebel et al., 1996). Zur Verbesserung der Diagnostik empfehlen Uebel et al. kurzfristige Verlaufskontrollen der sonografischen Befunde.

Unter Einbezug der Literatur kann man abschließend darauf aufmerksam machen, dass Patienten mit abdominellen Schmerzen schwierige Schallbedingungen mit sich bringen und dass in unsicheren Fällen die Referenzdiagnostik durch einen erfahrenen Untersucher zur Appendizitis-Diagnostik hinzugezogen, sowie kurzfristige Verlaufskontrollen durchgeführt werden sollten, um nicht indizierte Folgeoperationen nach falsch positiver Appendizitis-Diagnose zu vermeiden.

Eine weitere Fehldiagnose, die in zwei Fällen zur Folgekonsequenz „nicht indizierte Folgeoperation“ führte, war die Darmischämie (siehe Tabelle 3.11, S.53). Irrtümlicher Weise war in einem Fall unter Verwendung des B-Bild Modus eine Darmischämie diagnostiziert worden, wobei es sich um ein Hämatom gehandelt hatte. Im anderen Fall entstand die Fehldiagnose unter Verwendung von CEUS, wobei sich in der Operation zeigte, dass eine Enteritis vorgelegen hatte.

Es stellt sich die Frage, welche Schwierigkeiten die Diagnose der Darmischämie mit sich bringt.

Es ist bekannt, dass die Lokalisation von abdominellen Schmerzen im Falle von vaskulären Magen-Darm-Erkrankungen zum Teil schwierig ist (Meuwly et al., 2002). So zeigt der Mesenterialinfarkt wenige spezifische Merkmale, wie die Verdickung der Wand $>4\text{mm}$ in einigen Darmsegmenten; Infiltration des echoreichen Mesenterialfettes und das Vorhandensein freier Flüssigkeit (Meuwly et al., 2002; Klein et al., 1995).

Dietrich et al. beschrieben die sonografische Diagnostik der Embolie als schwierig, falls der Thrombus nicht die ersten 3-5cm des Hauptastes verschließt. Weitere Zeichen der Ischämie können nach Dietrich et al. eine dilatierte Vena mesenterica superior bei Mesenterialvenenthrombose sein, Darmwandödeme bis zu Darminfarzierungen und

Aszites. Es wird beschrieben, dass arterielle Verschlüsse leichter detektierbar sind als venöse Thrombosen, die eher mit einem geringen sonografischen Befund einhergehen. Intramurale Gaseinschlüsse können im Spätstadium Zeichen einer Gangrän sein, bis hin zur portalen Pneumatose, welche bereits als dubiose Prognose zu werten ist (Dietrich et al., 2015).

Zusätzlich kann der Modus Dopplerultraschall Viszeralarterienstenosen mit einer Sensitivität von 80-92% identifizieren (Meuwly et al., 2002; Zwolak, 1999; Moneta et al., 1993).

Dietrich et al. beschrieben, dass durch die CEUS der Nachweis der Minderperfusion des Darmes richtungsweisend sein kann. Ein operativer Eingriff sollte erfolgen, wenn die Durchblutung nicht nachweisbar ist, oder sich nur auf die äußere Zirkumferenz (Serosa) reduziert. Allerdings beschrieben Dietrich et al. das Phänomen, dass der sonografische Doppler-Befund durch Reparationsprozesse wechseln kann von einer fehlenden oder verminderten Vaskularisation zu einer Hypervaskularisation (Dietrich et al., 2015).

In Anbetracht der Schwierigkeiten des sonografischen Befundes der Darmischämie, zeigt sich im Vergleich mit drei anderen bildgebenden Verfahren, dass die Computertomografische Angiografie, die Magnetresonanztomografie und die Digitale Subtraktions Angiografie der Doppler Sonografie überlegen sind (Schaefer et al., 2013). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Sonografie ein ausreichendes Diagnostikum der Darmwandischämie darstellt, jedoch aufgrund der variierenden Darstellung des Ischämie-Befundes bei bestehender Unsicherheit möglicherweise weitere bildgebende Verfahren hinzugezogen werden sollten.

Unter den Fehlern mit „nicht indizierter Folgeoperation“ befand sich ein Fall, in welchem mittels CEUS Rundherde der Milz sichtbar wurden, jedoch konnte die Diagnose Sarkoidose erst nach der Splenektomie gestellt werden (siehe Tabelle 3.11, S.53). Im folgenden Abschnitt soll die Schwierigkeit der sonografischen Diagnose echoarmer Läsionen insbesondere die Sarkoidose der Milz veranschaulicht werden.

Wie Obduktions-Studien zeigen konnten, manifestiert sich das durch Granulome geprägte Krankheitsbild der Sarkoidose in 38-77% in der Milz, jedoch geht dies nur in 2-6% mit klinischen Symptomen einher (Warshauer et al., 2004; Lynch et al., 1998).

In einem Drittel der Fälle erscheint sonografisch der Befund einer Splenomegalie (Tana et al., 2014; Warshauer et al., 2004). Wenn die Rundherde in der Sonografie darstellbar

sind, dann imponieren sie meist multiple und echoarm mit unterschiedlicher Größe meist <10mm (Tana et al., 2014). In Abhängigkeit des Fibrosegrades im Granulomgewebe können sich die Milzläsionen auch hyper- oder isoechogen zeigen. Im FDS Modus tendieren sie zu einem hypovaskulärem Erscheinen (Tana et al., 2014).

Die Darstellung von Sarkoidoseherden der Milz unter Verwendung des CEUS Modus wurde noch nicht an großen Populationen geprüft, jedoch zeigt sich in einzelnen Kasuistiken keine oder nur wenig Kontrastmittelanreicherung (Jöst et al., 2010).

Daneben stellen sich maligne Läsionen der Milz echoarm, diffus, multifokal und solide dar (Görg et al., 1991; Wan, 2000). In der Darstellung mit CEUS erscheinen sie in der arteriellen Phase häufig mit diffusem Enhancement und zum Teil mit ringförmigen Enhancement; in der Parenchym-Phase zeigen sie sich ebenfalls mit diffusem Enhancement, zum Teil mit „dotted enhancement“ und mit ringförmigen Enhancement; es können sich spezielle Zeichen wie Gefäße innerhalb der Läsionen oder Perfusionsdefekte zeigen (Stang et al., 2011). Anhand dieser Gegenüberstellung der Befunde lässt sich vermuten, dass die CEUS eine Möglichkeit ist, um die Sarkoidose von malignen Herden zu unterscheiden.

Erschwerend kommen bei fokalen, echoarmen Milzläsionen weitere Differentialdiagnosen in Betracht, wie die entzündliche Genese; Tuberkulosen, Kollagenosen, Amyloidosen, Histoplasmose, leukämische Infiltrate und Mikroabszesse (Jöst et al., 2010; Görg et al., 2008)

Um den Milzbefall der systemischen Sarkoidose von diesen ähnlichen Erscheinungsmustern voneinander zu unterscheiden, kann ein transthorakaler Ultraschall hilfreich sein, da die Sarkoidose häufig mit mediastinaler Lymphadenopathie assoziiert ist (Jöst et al., 2010; Hirche et al., 2014). Ebenso kann ein Röntgen des Thorax wegweisend sein, da die Sarkoidose in 90% der Fälle mit einer pulmonalen Manifestation einhergeht (Jöst et al., 2010). In der Literatur wurde empfohlen, dass bei bestehender Unsicherheit eine Biopsie der Läsion erfolgen sollte (Jöst et al., 2010).

4.5.3 Blutungen

In der vorliegenden Arbeit wurden interventionelle Fehler ausgewertet und entstandenen Blutungen nach Ultraschall gesteuerter Punktion (10/24) gezählt. Von

allen interventionellen Fehlern handelte es sich in 41,7% um Blutungen. Da in anderen Arbeiten die Blutungsanzahl unter Einbeziehung aller stattgefundenen Punktionen gezählt wurde, müssen die hier ermittelten Blutungen in Bezug zu den komplikationsfreien Interventionen gesetzt werden, um eine Aussage äußern zu können. Durch die Hochrechnung von Referenzwerten siehe Tabelle 2.3 Seite 30 wurden geschätzt n=5.284 sonografisch gesteuerte Interventionen im Rekrutierungszeitraum durchgeführt. Bei einer Anzahl von n=10 Blutungen ergibt das eine Blutungsrate von 0,19%.

Im Gegensatz zu den hier vorliegenden Ergebnissen konnte in einer Multicenter-Studie von Strobel et al. eine deutlich höhere Blutungsrate gezeigt werden (Strobel et al., 2015). Es wurde die Inzidenz von Blutungen an n=8.172 sonografisch gesteuerten intraabdominellen Punktionen erhoben. Sie beschrieben eine Blutungsrate von 0,43% (31/8.172 Patienten), die sie unterteilten in 0,05% „Blutungen mit tödlichem Ausgang“ und 0,38% „Blutungen ohne tödlichen Ausgang“. Man kann aus diesen Zahlen schließen, dass in der Multicenter Studie doppelt so viele Blutungen erfasst wurden, als in der vorliegenden Arbeit. Dabei ist mit einzubeziehen, dass in der Multicenter Studie sowohl Zentren mit verschiedenen Anzahlen an sonografischen Interventionen pro Jahr, als auch Untersucher mit unterschiedlichem Ausbildungsstatus (DEGUM II und DEGUM III) zusammen gewertet wurden. Jedoch wurde dabei bemerkt, dass Untersucher mit geringerer Erfahrung in der Ausführung von Biopsien, eine niedrigere Anzahl an Interventionen mit Blutungskomplikationen erbrachten im Vergleich zu erfahreneren Untersuchern. Diesbezüglich wurde die Vermutung geäußert, dass Untersucher mit mehr Erfahrung die schwierigeren Interventionen durchführten und dadurch höhere Komplikationsraten erbrachten. Es bleibt zu spekulieren, was als Ursache für die niedrige Blutungsrate der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt. Möglicherweise ist die Ermittlung der Referenzwerte zu hoch geschätzt worden, oder dem Untersucher sind postinterventionelle Blutungen im Rekrutierungszeitraum entgangen. Eine dritte Möglichkeit besteht darin, dass der Untersucher nach 30 jähriger Erfahrung und täglicher Ausübung von sonografischen Interventionen eine tatsächlich hervorragende, komplikationsarme Technik aufweist.

In einer retrospektiven, monozentralen Studie (Atwell et al., 2010) wurden über einen Zeitraum von sechs Jahren Blutungskomplikationen nach perkutanen Punktionen beobachtet. Hierbei wurden sowohl CT und sonografisch gesteuerte Punktionen

zusammen ausgewertet, als auch jegliche Organregionen des Körpers, wodurch eine große Population zustande kam. Es wurde eine Blutungsrate von 0,46% bei n=15.181 Punktionen ermittelt. Leider wurde hier die Blutungsrate nicht nach jeweiliger Punktionstechnik beschrieben.

In einer australischen retrospektiven Studie wurden über einen Zeitraum von 21 Jahren sonografisch gesteuerte Biopsien der Leber eines Institutes ausgewertet. Dabei ergab sich eine Blutungsrate von 0,83% (10/1210 Patienten), die sie unterteilten in 0,25% „Blutungen mit tödlichem Ausgang“ und 0,58% „Blutungen ohne tödlichen Ausgang“ (van der Poorten et al., 2006). Der Ausbildungsstand des Untersuchers wurde nicht näher erwähnt. Diese Studie beobachtete somit die höchste Blutungsrate. Das kann damit zusammenhängen, dass hier ausschließlich Punktionen der Leber überprüft wurden.

Der Vergleich dieser Ergebnisse von Blutungsraten lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Blutungsrate nach sonografisch gesteuerter Intervention im Allgemeinen deutlich unter 1% liegt.

Des Weiteren wurde die Blutungsrate hinsichtlich des Gerinnungsstatus betrachtet. In der vorliegenden Arbeit wurden an allen interventionellen Fehlern der Gerinnungsstatus anhand von Quick-Wert und Thrombozyten beobachtet. In (3/24) der Fälle (12,5%) wurde ein beeinträchtigter Status bemerkt (Quick < 50%; Thrombozyten < 50.000/ μ l), von denen alle mit der Konsequenz „Blutung“ verliefen. Dieses Ergebnis lässt sich nur schwer mit anderen Studien vergleichen, da es in der vorliegenden Arbeit keine Erhebung des Gerinnungsstatus aller Interventionen, d.h. ohne Fehler gibt. Retrospektiv stellt sich die Frage, welche Indikation es gegeben hat, um diese Patienten trotz bekanntem beeinträchtigtem Gerinnungsstatus zu punktieren. Eine Antwort auf die Frage, ob man mittels Medikation ggf. die Gerinnungssituation hätte verbessern können, bleibt offen.

Für eine wiederholte Fehleranalyse wäre es wünschenswert, die Punktions-Indikation bei beeinträchtigtem Gerinnungsstatus zu dokumentieren.

Nach Analyse der vorhandenen Literatur unter Einbezug der eigenen Ergebnisse kann festgehalten werden, dass bei beeinträchtigtem Gerinnungsstatus ein Zusammenhang mit Blutungskomplikationen beobachtet wurde. In der DEGUM Multicenter Studie (Strobel et al., 2015) wurde ein 9,8mal höheres Blutungsrisiko errechnet bei einem erhöhten INR >1,5 und ein 2,5mal höheres Blutungsrisiko bei einem INR >1,3. Ein

niedriger Thrombozytenstatus ergab dort keinen signifikanten Einfluss auf die Blutungsrate. Somit kann der Empfehlung eines prä-interventionellen Ausgangswert des INR $< 1,5$ (Strobel et al., 2015) zugestimmt werden.

4.5.4 Pneumothorax

Bei den interventionellen Fehlern wurden $n=7$ Pneumothoraxe erfasst. Um die vorliegenden Ergebnisse mit anderen Studien vergleichen zu können, wurde das Verhältnis zwischen den aufgetretenen Pneumothoraxen und der geschätzten sonografisch gesteuerten Interventionen im Rekrutierungszeitraum als Referenz genutzt. Daraus ergibt sich eine Pneumothoraxrate von 0,35% (7/2020).

In einem Review (Mathis et al., 1999) wurden 26 Arbeiten, die sich überwiegend mit Lungenpunktionen beschäftigen, verglichen. Diese 26 Arbeiten erhoben Populationen zwischen $n=12$ und $n=218$ Patienten, und insgesamt erlaubten sie eine Betrachtung von $n=1.876$ sonografisch gesteuerten Interventionen am Thorax. Dabei ermittelten sie eine durchschnittliche Pneumothoraxrate von 2,8%. Im Vergleich zu der vorliegenden Arbeit mit einer Rate von 0,35%, erscheint diese Rate viel höher. Vergleicht man die Pneumothoraxrate von Mathis et al. mit der Pneumothoraxrate bei röntgenologisch gesteuerten Punktionen (17,9% - 25%) (Moore et al., 1990) wirkte sie jedoch sehr niedrig. Es wurde darauf hingewiesen, dass durch die sonografische Steuerung der Nadel die Verletzung von Lunge und Gefäßen besser vermieden und im Falle eines Pneumothorax dieser direkt durch die Sonografie bemerkt werden konnte. Des Weiteren wurde auch festgestellt, dass nur Herde punktiert werden können, welche an die Pleura reichen oder im Pleuraerguss liegen. Das kann wiederum Ursache für die niedrige Pneumothoraxrate sein, da die tiefer im Lungengewebe liegenden Raumforderungen - aufgrund mangelnder Einsehbarkeit - nicht unter Ultraschall punktiert werden können. Die Ursache für die niedrige Pneumothoraxrate der vorliegenden Arbeit nach sonografischen Interventionen am Thorax kann wie bei der Blutungsrate durch eine zu hoch geschätzte Anzahl an Interventionen des Thorax ohne Pneumothorax begründet sein. Im Review (Mathis et al., 1999) wurden mehrere Methoden der sonografischen Punktion aufgezählt, wie Freihandpunktionen unter sonografischer Sicht, Freihandpunktionen nach sonografischer Ortung, Punktionsschallköpfe und Schallköpfe

mit fest verbundenem Nadelhalter. Die Pneumothoraxrate wurde in der vorliegenden Studie nicht nach verschiedenen Techniken aufgeschlüsselt betrachtet.

Für zukünftige Fehleranalysen wäre es interessant, die Daten nach den Techniken aufgeschlüsselt zu beobachten, da man so einen Hinweis darauf erhalten könnte, ob sich eine Technik als besonders komplikationsarm erweist.

4.5.5 Geplanter Punktionsort nicht getroffen

Die Komplikation „geplanter Punktionsort nicht getroffen“ wurde in der vorliegenden Arbeit bei n=6 interventionellen Fehlern erfasst. Da jedoch keine Anzahl der richtig getroffenen Punktionsstellen im Rekrutierungszeitraum vorliegt, kann keine feste Aussage über die Trefferquote gemacht werden. Es ist möglich die geschätzte Anzahl von Interventionen im Rekrutierungszeitraum hinzuzuziehen, jedoch ist zu vermuten, dass nicht jeder Befund aller Biopsien im Rekrutierungszeitraum nachverfolgt wurde. Für weiterführende Forschung wäre es wünschenswert, alle vollzogenen Biopsien und insbesondere Folgebiopsien der Patienten auf die tatsächliche Punktionsstelle des geplanten Punktionsortes zu überprüfen.

4.6 Limitationen und Empfehlungen

Die beschriebenen Ergebnisse unterliegen methodischen Limitationen, woraus sich Empfehlungen für zukünftige Fehleranalysen im Ultraschall ergeben. Die Analyse der entstandene Fehler bezieht sich auf eine persönliche Sammlung von Fehlern des Untersuchers. Es ist möglicherweise davon auszugehen, dass im Rekrutierungszeitraum einige entstandene Fehler nicht aufgefallen sind bzw. sich seiner Kenntnis entzogen. Daraus ergibt sich die Empfehlung einen standardisierten Erhebungsbogen von Fehlern zu etablieren.

In dieser Arbeit wurden Referenzwerte geschätzt nachdem in einem Zeitraum von zwei Wochen die Untersuchungen gezählt und hochgerechnet wurden. Die Reliabilität dieser Referenzwerte ist aufgrund des kurzen Erhebungszeitraumes in Frage zu stellen. Im Diskussionsteil war es notwendig, die Ergebnisse der Fehler unter Einbezug der Referenzwerte darzustellen, um sie mit anderen Studienergebnissen vergleichen zu können. Für zukünftige weiterführende Forschungen wäre es wünschenswert, neben den Fehlern ebenso die korrekten Ultraschalluntersuchungen zu erheben.

Bei der Sammlung der Fehler wurden die Krankheitsbilder verschiedener Fachrichtungen und Organregionen erhoben. Durch die Menge der Krankheitsbilder schien es teilweise schwierig, Aussagen treffen zu können.

Um aussagekräftigere Schlüsse ziehen zu können, sollte man den Ultraschall als diagnostisches oder interventionelles Mittel nach Krankheitsbild oder Organregion getrennt auf seine Sensitivität bzw. Spezifität hin überprüfen.

In dieser Arbeit sind Alter und Geschlecht der Patienten ausgewertet worden. Um Aussagen zu patientenbedingten Einschränkungen machen zu können, sollte man in Erwägung ziehen, ebenso den Body Mass Index der Patienten, Hüftumfang, Zeit der letzten Nahrungsaufnahme und eine mögliche endoskopische Untersuchung mit Gasinsufflation in den letzten 24 Stunden zu erheben. Unter anderem sollte die Dokumentation von schlechten Schallbedingungen gewissenhaft geführt werden.

Die Konsequenzen der Fehler waren retrospektiv nur dürftig ermittelbar. In prospektiven Studien wurden mehrere Komplikationen erhoben wie z.B. Schmerzeinschätzung durch den Patienten anhand einer visuellen Analogskala, notwendige Analgesie, Sepsis, Abszessbildung, Anzahl der nötigen Punktionseinstiche, Vaso-vagale Reaktionen mit Kreislaufkollaps, notwendige Transfusionen oder

notwendige chirurgische Interventionen (Sheets et al., 1991; Sparchez, 2005; Malnick et al., 2005). In weiterführenden Fehleranalysen wäre es wünschenswert, solche Konsequenzen vor der Erhebung festzulegen und die Fehler daraufhin zu untersuchen. Eine weitere Limitation dieser Arbeit stellt die Einteilung der Fehler in Major- und Minorfehler dar. Es musste sich auf Majorfehler beschränkt werden, die eine auswertbare Folgekonsequenz für den Patienten mit sich brachten, d.h. Fehler, die möglicherweise zu vermehrter psychischer Belastung führten, oder durch Verzögerung der Diagnose möglicherweise für den Patienten mit mehr Schmerzen verbunden waren konnten nicht ausgewertet werden, da über die Schmerzen keine aussagekräftige Dokumentation vorlag. Auch solche Fehler, die glücklicherweise behoben werden konnten, aber im Grunde die sonografische, fehlerhafte Diagnose fatale Folgen hätte haben können z.B. die Verkennung eines malignen Prozesses, wurden als Minorfehler deklariert.

5 Schlussfolgerung

Resultierend aus den Ergebnissen im Vergleich zur aktuellen Literatur ergeben sich Hinweise und Empfehlungen für Diagnosen und Interventionen in der sonografischen Untersuchung.

Der Modus CEUS erschien als anfälligster Modus für diagnostische Fehler. Dies konnte anhand der Literatur nicht nachvollzogen werden. Es wurde vermutet, dass hier ein Selektionsbias zustande gekommen war, da CEUS besonders in schwierigen Fällen eingesetzt wird, in denen die Grenzen des B-Bild Modus erreicht sind, oder bereits Unsicherheiten bestehen. Auch bei der Auswertung der Vermeidbarkeit der Fehler konnte beobachtet werden, dass in $n=19$ (12,3%) Fällen der Fehler durch die Verwendung von CEUS vermeidbar gewesen wäre (siehe Grafik 3.16, S.56). Hier konnte darauf hingewiesen werden, dass die CEUS zwar mit Limitationen assoziiert ist, sie aber grundsätzlich eine höhere Sensitivität insbesondere in der Charakterisierung von Läsionen aufweist.

In der internistischen Sonografie existieren Limitationen aufgrund von schwierigen Schallbedingungen. Besonders schwierig einzusehende Regionen konnten anhand einer Abbildung dargestellt werden (siehe Grafik 4.1, S.91). Es wurde empfohlen, schwierige Schallbedingungen gewissenhaft zu vermerken.

Bei der näheren Betrachtung der klinischen Anmeldeformulare für die Ultraschalluntersuchung konnte beobachtet werden, dass $n=25$ (16,2%) mangelhaft ausgefüllt waren, von denen $n=9$ (5,8%) Fehler durch eine korrekte Anmeldung möglicherweise hätten vermieden werden können. Die Empfehlung wurde geäußert, zukünftig auf diese Problematik in der Ausbildung der anfordernden Ärzte aufmerksam zu machen.

Bei der Auswertung der untersucherbedingten Faktoren, konnte gezeigt werden, dass $n=12$ (7,8%) der Fehler möglicherweise durch gründlichere Untersuchung vermeidbar gewesen wären. Dabei fiel auf, dass auch in der Sonografie das Phänomen „satisfaction of search“, das bereits in der Radiologie beschrieben wurde (siehe Kapitel 1.3.4, S.19), möglicherweise eine Rolle spielt. Es handelt sich dabei um die Ablenkung eines bedeutsamen Befundes durch eine andere Läsion.

Im Zusammenhang mit aktueller Literatur wurde angesprochen, dass eine zertifizierte Ultraschalllehre an universitären Hochschulen und Kliniken notwendig und zu fordern ist.

Folgekonsequenzen der sonografischen Fehler konnten anhand einzelner Beispiele dargestellt werden. Als häufigste Folgekonsequenz stellte sich die nicht indizierte Folgebiopsie aufgrund einer fehlerhaften sonografischen Diagnose dar.

In Anbetracht der Tageszeit der sonografisch gesteuerten Interventionen konnte empfohlen werden, diese zukünftig vormittags durchzuführen. Um die Gefahr von Blutungen zu reduzieren sollten Patienten einen INR $<1,5$ aufweisen. Bei höherem INR-Wert sollte die Punktions-Indikation genau dokumentiert werden. Im Allgemeinen ließ sich feststellen, dass die Blutungsrate der sonografisch gesteuerten Intervention unter 1% liegt.

Bei der retrospektiven Auswertung von Fehlern im Ultraschall wurden die Schwierigkeiten und Limitationen einer solchen Arbeit deutlich, wodurch Optimierungsvorschläge entstanden. Für eine zukünftige, prospektive Analyse von diagnostischen Fehlern im Ultraschall konnte ein Erhebungsbogen erstellt werden.

Als Rahmenbedingungen solch einer prospektiven Fehleranalyse sollten Referenzwerte über einen Zeitraum von mindestens zwei Monaten erhoben werden, welche die Anzahl von Ultraschallanforderungen der Organe und verwendeten Modi einschließt, und anschließend auf den entsprechenden Rekrutierungszeitraum hochgerechnet werden.

Bogen für zukünftige prospektive Fehleranalyse

Patient:

Geburtsdatum:

Geschlecht:

Gewicht:

Größe:

Fehlerdatum:

Beschreiben Sie knapp den Fehler:

Fehldiagnose/ Befund:

Richtige Diagnose:

Wodurch ist der Fehler aufgefallen?

Lagen schwierige Schallbedingungen vor?

Nein Ja

Wenn Ja, welche:

 intestinale Luft Aszites Adipositas Schmerzen des Patienten andere:

Mit welchem Gerät wurde untersucht?

 High-End-Gerät Sonstiges

Welcher Modus wurde zur Diagnose gewählt?

 B-Bild FDS CEUS

Welche Organregion betraf den Fehler? Möglichst exakt (Beispiele: Segment, subphrenisch, retroperitoneal, axial etc.)

War die klinische Anmeldung der Ultraschalluntersuchung korrekt?

- Ja Nein unzureichender klinischer Hintergrund
- falsche od. fehlende Organauswahl
- fehlende Fragestellung

Nennen Sie Ihren Ausbildungsstatus:

- Assistenzarzt 1. Jahr 2-6.Jahr
- Facharzt
- DEGUM I DEGUM II DEGUM III

Welche Folgekonsequenzen hatte der Fehler für den Patienten?

- Keine Nicht indizierte Folgebiopsie
- Nicht indizierte Folgeoperation
- Ausbleiben der korrekten Therapie
- Mehr Schmerzen
- Zusätzliche Diagnostik
- Verlängerter Krankenhausaufenthalt
- Verschlechterung der Prognose
- andere:
-

6 Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurde dem Thema „Fehler in der Medizin“ zunehmende Aufmerksamkeit geschenkt. So entstand das Ziel dieser Arbeit, Fehler in der Sonografie zu beschreiben und zu kategorisieren. Dabei ist bekannt, dass sich die Sonografie besonders durch ihre breite Verfügbarkeit, fehlende Strahlenbelastung, geringe Kosten und eine intensive Arzt-Patienten Beziehung auszeichnet.

In der vorliegenden Arbeit wurden $n=154$ diagnostische und $n=24$ interventionelle sonografische Fehler eines Untersuchers der Stufe DEGUM III retrospektiv analysiert. Sie wurden anhand der vier Einflussfaktoren 1. Gerätebedingte Faktoren; 2. Patientenbedingte Faktoren; 3. Äußere Faktoren und 4. Untersucherbedingte Faktoren ausgewertet und beschrieben und in ein quantitatives Verhältnis zu allen Ultraschallanforderungen im Rekrutierungszeitraum gesetzt. Des Weiteren wurden die Fehler auf Folgekonsequenzen untersucht und geprüft, ob und wodurch die Fehler hätten vermieden werden können.

Es zeigte sich bei den gerätebedingten Einflussfaktoren, dass der Modus CEUS mit der häufigsten Fehlerrate einherging. Aufgrund bekannter hoher Sensitivität dieser Methode wurde diskutiert, dass die Ursache der hohen Fehlerrate an einem Selektionsfehler liegen könnte, da der CEUS Modus in schwierigeren Befunden hinzugezogen wird, wenn B-Bild und FDS bereits ihre Grenzen erreichen.

Patientenbedingte Einflüsse stellten Alter, Schallbedingungen und Organregionen dar. Über die Hälfte der Patienten waren älter als 61 Jahre. Dieser Aspekt konnte jedoch nicht als wegweisend für die Entstehung von Fehlern gedeutet werden. Es wurde diskutiert, dass bei den Fehlern nur selten vermerkt wurde, dass schwierige Schallbedingungen vorlagen. Es wurde vermutet, dass dieser Hinweis möglicherweise nicht konsequent dokumentiert wurde. Bei der Untersuchung der Organregionen zeigte sich, dass besonders die Appendix vermiformis und die Thoraxwand anfälliger für diagnostische Fehler waren. Organregionen wie Mesenterium, Magen und Becken konnten jedoch nicht unter diesem Aspekt erhoben werden, da dafür keine Referenzwerte vorlagen. In Anlehnung an die aktuelle Literatur konnte anhand der Fehler eine Veranschaulichung schwierig einsehbarer Organregionen dargestellt werden. An äußeren Faktoren wurde die Tageszeit und die Ultraschallanforderung der Kliniker betrachtet. Bei der Auswertung des Entstehungszeitpunktes der Fehler zeigte sich, dass die interventionellen Fehler dreifach häufiger nachmittags entstanden waren.

Von den retrospektiv auswertbaren, klinischen Ultraschallanforderungen erwiesen sich 20% (25/125) als mangelhaft. Bei der Betrachtung der untersucherbedingten Faktoren konnten die Befundbeschreibungen überprüft werden. Es stellte sich heraus, dass der Untersucher sich in 50,6% der Fehldiagnosen festgelegt hatte; in 31,8% der Fälle wurde die Pathologie nicht erkannt.

Von den n=154 diagnostischen Fehlern verliefen n=43 mit Folgekonsequenzen, welche sich einteilten in n=21 „nicht indizierte Folgebiospie“; n=8 „nicht indizierte Folgeoperation“; n=12 „Ausbleiben der korrekten Therapie“ und n=2 „Versterben“. Die Folgekonsequenzen wurden anhand näherer Beschreibungen einzelner Diagnosefehler erläutert. Von den interventionellen Fehlern verliefen n=10 mit Blutungen, n=7 mit Pneumothorax, in n=6 Fällen wurde der geplante Punktionsort nicht getroffen und in n=1 Fall war die Intervention nicht indiziert gewesen. Die Folgekonsequenzen konnten mit Ergebnissen aus anderen Studien über Komplikationen verglichen und diskutiert werden.

Bei der Auswertung der Vermeidbarkeit der Fehler konnte beobachtet werden, dass n=114 diagnostische Fehler nicht vermeidbar waren. Von den n=40 vermeidbaren Fehlern wären möglicherweise n=19 (12,3%) Fehler durch Verwendung von CEUS vermeidbar gewesen. Eine korrekte klinische Ultraschallanforderung hätte vermutlich in n=9 (5,8%) Fällen den Fehler vermieden und in n=12 (7,8%) Fällen waren vermeidbare Fehler durch Unachtsamkeit des Untersuchers entstanden.

Schlussfolgernd konnte darauf hingewiesen werden, dass bei der sonografischen Untersuchung schwierige Schallbedingungen gewissenhaft vermerkt werden sollten. Die Notwendigkeit einer korrekten Ultraschallanforderung sollte Bestandteil der Ausbildung von Ärzten sein, die solche Anmeldungen ausfüllen. Es konnte festgestellt werden, dass das Phänomen „satisfaction of search“ auch in der Sonografie vorkommt, wobei es sich um die Ablenkung eines bedeutsamen Befundes durch eine zweite Läsion handelt.

Um Komplikationen zu reduzieren, ist es zu empfehlen, sonografische Interventionen zukünftig vormittags durchzuführen.

Allgemein wurden die Limitationen der retrospektiven Analyse von Fehlern deutlich, aus denen Optimierungsvorschläge entstanden. Daraus konnte ein Erhebungsbogen für eine zukünftige, prospektive Fehleranalyse erstellt werden.

7 Summary

The topic „errors in medicine“ has been given an increased attention throughout the past years. Therefore the aim of this dissertation was created in order to describe and categorize sonographic errors.

It is known that ultrasound is appreciated for its vast availability, missing radiation, low costs and an intensive relationship between doctor and patient.

In the presented document 154 diagnostic and 24 interventional sonographic errors of one observer with experience level DEGUM III have been analysed retrospectively. They were evaluated and described according to four factors of influence: 1. device related factors, 2. patient related factors, 3. external factors, 4. observer related factors. These factors were set into a quantitative ratio to all ultrasound-requirements during the recruitment period. Furthermore the errors were investigated with focus on consequences and if, in how far errors could have been avoided. By exploring device related factors it was shown that the mode CEUS created the highest error rate. Because of a known level of high sensitivity of this method it was discussed whether the cause of a high error rate would depend on a selection bias. This conclusion was reached because CEUS mode is consulted in difficult diagnoses when B-mode and Color Doppler reached their limits. Patient related factors are represented in age, ultrasound conditions and organ region. More than half of the patients were older than 61 years, although this aspect could not be regarded as path breaking for the genesis of errors. It is discussed that errors were rarely noted when difficult ultrasound conditions occurred. It was assumed that these notices have eventually not been documented consequently. In the investigation of organ regions it became apparent that especially the appendix vermiformis and the thoracic wall were more predestined for diagnostic errors than other organ regions. Because no reference values were present organ regions like mesentery, stomach and pelvis could not be investigated in this respect. Based on contemporary literature and the analysed errors a depiction of organ regions, which are difficult to investigate, could be presented. As external factors the daytime and the ultrasound-requirements of the clinicians were considered. In the evaluation of the errors' time of origin it became apparent that the interventional errors occurred at a rate three times higher on afternoons. Out of the retrospectively detectable ultrasound-requirements 20% (25/125) proved to be deficient. During the contemplation of the observer related factors the description of findings could be checked. It turned out that

the observer determined on 50,6% of misdiagnosis and 31,8% of all cases were not discovered as pathological.

Out of the n=154 diagnostic errors n=43 proceeded with consequences which were subdivided in n=21 “not indicated following biopsy”; n=8 “not indicated following operation”; n=12 “absence of correct therapy” and n=2 “death”. The following consequences were exemplified based on description of single diagnostic errors. Out of interventional errors n=10 proceeded with bleeding, n=7 with Pneumothorax, n=6 cases the planed puncture site was not hit properly and in one case the puncture was not indicated. The following consequences could be compared and discussed in regard to other study results.

In the evaluation of error preventability could be pointed out that n=114 diagnostic errors were inevitable. Out of n=40 avoidable errors n=19 (12,3%) errors would have possibly been avoidable by the application of CEUS. In n=9 (5,8%) of all error cases a correct ultrasound-requirement would have avoided the error; in n=12 (7,8%) avoidable errors occurred by the observers unwariness.

In conclusion, it could be indicated that difficult ultrasound conditions are to be noted conscientiously. The necessity of a correct ultrasound-requirement should be integral part of medical training for those medics who fill out these forms. It turned out that the phenomenon “satisfaction of search” exist in sonography, i.e. the distraction of an important result by a second lesion. In order to reduce complications in the future it is advisable to conduct sonographic interventions rather in the morning.

Generally the limitations of the retrospective analyses of errors were clarified from which suggestions for optimization resulted. A data entry form for future prospective errors analyses was derived.

8 Abkürzungsverzeichnis

B-Bild	B-Bild Sonografie
CEUS	Contrast enhanced ultrasound; Kontrastmittelunterstützte Sonografie
CG	Prof. Dr. med. C. Görg
CIRS	Critical Incident Reporting System
CT	Computertomografie
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V.
EFSUMB	European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology
FDS	Farbkodierte Duplex Sonografie
FNH	Fokal noduläre Hyperplasie
HCC	Hepatozelluläres Karzinom (<i>engl.: hepatocellular carcinoma</i>)
IDUZ	Interdisziplinäres Ultraschallzentrum des Universitätsklinikums Marburg
INR	International Normalized Ratio
IOM	Institut of Medicine
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung
LK	Lymphknoten
MRT	Magnetresonanztomografie
NHL	Non Hodgkin Lymphom
REFA	Reichsausschuss für Arbeitsstudien Zeitermittlung <i>Der Verband wurde in den 1924 in Berlin gegründet. Hauptanliegen war, mittels Arbeits- und Zeitstudien die Grundlagen für Produktivitätsverbesserung und gerechten Lohn zu schaffen (Frühwald, 2013)</i>
WFSUMB	World Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology

9 Grafikverzeichnis

Grafik 1.1:	„Schweizer-Käse-Modell“ zur Veranschaulichung der Einflussebenen eines entstandenen Fehlers anhand des Beispiels eines sonografischen Fehlers.....	5
Grafik 2.1:	Gruppeneinteilung und Ausschlusskriterien der n=248 gesammelten sonografischen Fehler	24
Grafik 3.1:	Sicherung der sonografischen Fehldiagnose bei n=154 diagnostischen Fehlern	32
Grafik 3.2:	Sicherung der sonografischen Fehldiagnosen durch andere bildgebende Verfahren n=73	33
Grafik 3.3:	Alter der n=154 Patienten eingeteilt in Altersdekaden zum Zeitpunkt des diagnostischen Fehlers	34
Grafik 3.4:	Geschlechtsverteilung der n=154 Studienpatienten mit diagnostischen Fehler	35
Grafik 3.5:	Zuordnung von Fehlern und klinischer Anmeldung bei n=154 Studienpatienten.....	36
Grafik 3.6:	Zuordnung von Fehlern und Untersuchungstechniken bei n=154 Studienpatienten.....	37
Grafik 3.7:	Zuordnung von Fehlern und Organregionen bei n=154 Studienpatienten	40
Grafik 3.8:	Veranschaulichung der Organregionen mit diagnostischem Fehler nach Anfälligkeit für sonografische Fehler	44
Grafik 3.9:	Befundbeschreibung des Untersuchers von n=154 diagnostischen Fehlern	46
Grafik 3.10:	Zuordnung von Fehlern zu Wochentagen bei n=154 Studienpatienten..	47
Grafik 3.11:	Zuordnung von Fehlern zur Tageszeit bei n=154 Studienpatienten	48
Grafik 3.12:	Einteilung der n=154 diagnostischen Fehler nach Uhrzeiten	49
Grafik 3.13:	Zuordnung von Fehlern zu „Majorfehler“ und „Minorfehler“ bei n=154 Studienpatienten.....	50
Grafik 3.14:	Folgekonsequenzen bei n=43 Studienpatienten mit diagnostischen Majorfehler	50
Grafik 3.15:	Zuordnung von Fehlern zur Vermeidbarkeit bei n=154 Studienpatienten	55

Grafik 3.16:	Zuordnung von Fehlern zu den möglichen Lösungsansätzen zur Vermeidung des Fehlers bei n=154 Studienpatienten	56
Grafik 3.17:	Sicherung der interventionellen Fehler bei n=24 Studienpatienten.....	57
Grafik 3.18:	Alter der Patienten (n=24) eingeteilt in Altersdekaden zum Zeitpunkt der fehlerhaften Intervention.....	58
Grafik 3.19:	Geschlechterverteilung der n=24 Studienpatienten mit interventionellen Fehlern	59
Grafik 3.20:	Klinische Vorbereitung der n=24 Studienpatienten mit fehlerhaften sonografischen Interventionen	60
Grafik 3.21:	Interventionstechnik der n=24 interventionellen Fehler	61
Grafik 3.22:	Organregionen der n=24 interventionellen Fehler	62
Grafik 3.23:	Zuordnung von Fehlern zu Wochentagen bei n=24 Studienpatienten mit interventionellen Fehler	64
Grafik 3.24:	Zuordnung der interventionellen Fehler bei n=24 Studienpatienten zu Entstehungsuhrzeiten	65
Grafik 4.1:	Veranschaulichung von Organregionen mit bekannten schwierigen Schallbedingungen	91
Grafik 4.2:	REFA-Normkurve: Durchschnittliche Leistungskurve nach Tageszeit (Seiwert, 2001).....	93

10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Klinische Anforderungsformular einer Ultraschalluntersuchung der Universitätsklinik Gießen Marburg, Standort Marburg; bis 03/2012.....	27
Abb. 3.1:	Fall 1: B-Bild Befund.....	70
Abb. 3.2:	Fall 1: CEUS Befund	71
Abb. 3.3:	Fall 3: B-Bild Befund mehrerer Lymphknoten.....	74
Abb. 3.4:	Fall 3: FKDS eines auffälligen Lymphknoten der Leiste	74
Abb. 3.5:	Fall 3: Lymphknoten im CEUS	75
Abb. 3.6:	Fall 4: B-Bild Befund der Leberläsion.....	76
Abb. 3.7:	Fall 4: CEUS der Leberläsion	76
Abb. 3.8:	Fall 5: B-Bild Befund der Leberläsion bei Mammakarzinom	78
Abb. 3.9:	Fall 5: CEUS Befund in der arteriellen Phase	78
Abb. 3.10:	Fall 5: CEUS Befund in der Portalvenösen Phase	79
Abb. 3.11:	Fall 5: CEUS Befund in der späten Phase	79
Abb. 3.12:	Fall 6: B-Bild Befund: Nierenzyste	80
Abb. 3.13:	Fall 6: CEUS Befund der Zyste	80
Abb. 3.14:	Fall 6: CT Befund: Pankrespseudozyste	81

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Erfassungsbogen der n=154 diagnostischen Fehler.....	25
Tabelle 2.2:	Erfassungsbogen der n=24 interventionellen Fehler.....	28
Tabelle 2.3:	Hochrechnung der gesamten Ultraschalluntersuchungen im Rekrutierungszeitraum 27.03.2006-16.03.2013.....	30
Tabelle 2.4:	Hochrechnung der Anzahl der angewendeten Untersuchungstechniken während des Rekrutierungszeitraumes	30
Tabelle 2.5:	Hochrechnung der Anzahl der untersuchten Organregionen während des Rekrutierungszeitraumes.....	30
Tabelle 3.1:	Vollständigkeit und Unvollständigkeit der klinischen Anmeldungen der Ultraschalluntersuchung bei n=125 diagnostischen Fehlern	36
Tabelle 3.2:	Organregionen der diagnostischen Fehler, die unter Verwendung von CEUS entstanden waren	38
Tabelle 3.3:	Diagnostische Fehler der Leber (n=24) unter Verwendung von CEUS .	39
Tabelle 3.4:	Zuordnung von Fehlern bei n=154 Studienpatienten nach einzelnen Organregionen.....	41
Tabelle 3.5:	Darstellung der diagnostischen Fehler nach Organregion im Verhältnis zu allen angeforderten Ultraschalluntersuchungen nach Organregion im Rekrutierungszeitraum.....	43
Tabelle 3.6:	Diagnostische Fehler des Appendix vermiformis n=11.....	45
Tabelle 3.7:	Charakterisierung der Fehler hinsichtlich der Befundbeschreibung bei n=154 Studienpatienten	46
Tabelle 3.8:	Anzahl der diagnostischen Fehler nach Wochentagen im Verhältnis zu tatsächlicher Dienstzeit pro Wochentag.....	48
Tabelle 3.9:	Anzahl der diagnostischen Fehler vormittags und nachmittags	49
Tabelle 3.10:	Sonografische Majorfehler (n=21) mit der Folgekonsequenz „nicht indizierte Folgebiopsie“	51
Tabelle 3.11:	Definitive Diagnosen der n=8 Majorfehler mit der Konsequenz „nicht indizierte Folgeoperation“ bei sonografischer Fehldiagnose.....	53
Tabelle 3.12:	Definitive Diagnosen von n=12 Majorfehler mit der Konsequenz „Ausbleiben der korrekten Folgetherapie“	53

Tabelle 3.13: Definitive Diagnose der diagnostischen Majorfehler mit der Folgekonsequenz „Versterben n=2"	54
Tabelle 3.14: Klinische Vorbereitung bei n=24 Studienpatienten mit interventionellen Fehler	60
Tabelle 3.15: Zuordnung der n=24 interventionellen Fehlern zu den betreffenden Organen.....	63
Tabelle 3.16: Anzahl der interventionellen Fehler nach Wochentagen im Verhältnis zu tatsächlicher Dienstzeit pro Wochentag.....	65
Tabelle 3.17: Anzahl der interventionellen Fehler im Verhältnis zur Tageszeit	66
Tabelle 3.18: Einteilung der n=24 interventionellen Fehler nach Art der Konsequenz für den Patienten	66
Tabelle 3.19: Zuordnung der interventionellen Fehler mit Folgekonsequenz „Blutung" zu punktierter Organregion und Grunderkrankung bei n=10 Studienpatienten.....	67
Tabelle 3.20: Zuordnung der interventionellen Fehler mit Folgekonsequenz „Pneumothorax" zu Interventionstechnik und Grunderkrankung bei n=7 Studienpatienten.....	68
Tabelle 3.21: Definitive Diagnosen bei n=6 interventionellen Fehlern mit der Konsequenz „geplanter Punktionsort nicht getroffen"	69
Tabelle 3.22: Definitive Diagnose bei n=1 interventionellem Fehler mit der Konsequenz „Nicht indizierte Biopsie"	69
Tabelle 4.1: Patientenbedingte Limitationen der Ultraschalluntersuchung	86
Tabelle 4.2: Einteilung der Befundbeschreibung im Vergleich zu einer Studie über die Bedeutung der Referenzsonografie durch DEGUM III.....	97

12 Literaturverzeichnis

Amer S.; Li T.; Bygrave C. et al.; 2002: An evaluation of the inter-observer and intra-observer variability of the ultrasound diagnosis of polycystic ovaries. In: Human Reproduction. 17. Jg., H. 6, S. 1616–1622.

Arning C.; 1997: Fehlermöglichkeiten durch Artefakte im Farb-Doppler-Bild. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 18. Jg., H. 3, S. 105–109.

Atwell T.; Smith R.; Hesley G. et al.; 2010: Incidence of bleeding after 15,181 percutaneous biopsies and the role of aspirin. In: American journal of roentgenology 194. Jg., H. 3, S. 784–789.

Baker J.; Kornguth P.; Soo M. et al.; 1999: Sonography of solid breast lesions: observer variability of lesion description and assessment. In: American journal of roentgenology 172 Jg., H. 6, S. 1621–1625.

Bamber J.; Cosgrove D.; Dietrich C. et al.; 2013: EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 34. Jg., H. 2, S. 169–184.

Baur; 2013: Arbeitsmedizin. In: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 44-45.

Berbaum K.; Franken E.; Anderson K. et al.; 1993: The influence of clinical history on visual search with single and multiple abnormalities. In: Investigative radiology 28. Jg., H. 3, S. 191–201.

Bergert H.; Kersting S.; Pyrc J. et al.; 2004: Ultraschall-, CT-gesteuerte und operative Therapie bei pyogenen Leberabszessen. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 25. Jg., H. 5, S. 356–362.

Bernatik T.; Seitz K.; Blank W. et al.; 2010: Unclear focal liver lesions in contrast-enhanced ultrasonography- lessons to be learned from the DEGUM multicenter study for the characterization of liver tumors. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 31. Jg., H. 6, S. 577–581.

Birnbaum B.; Wilson S.; 2000: Appendicitis at the millennium. In: Radiology 215. Jg., H. 2, S. 337–348.

Bitschnau R.; Gehmacher O.; Kopf A. et al.; 1997: Ultraschalldiagnostik von Rippen- und Sternumfrakturen. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 18. Jg., H. 4, S. 158–161.

Bjerner B.; Holm A.; Swensson A. et al.; 1955: Diurnal variation in mental performance; a study of three-shift workers. In: *British journal of industrial medicine* 12. Jg., H. 2, S. 103–110.

Bonhof J.; Linhart P.; 1986: Quality of sonography in internal medicine. In: *Deutsche medizinische Wochenschrift* 111. Jg., H. 33, S. 1227–1229.

Bönhof J.; Bönhof B.; Loch E. et al.; 1984a: Schallkeulendimensionen als Artefaktursache bei der B-Bild-Sonographie. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 5. Jg., H. 2, S. 66–69.

Bönhof J.; Linhart P.; Loch E. et al.; 1984b: Doppelbilder bei der B-Bild-Sonographie durch akustische Zerstreuungslinsen. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 5. Jg., H. 2, S. 63–65.

Brennan T.; Leape L.; Laird N. et al.; 2004: Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients: results of the Harvard Medical Practice Study I. 1991. In: *Quality & safety in health care* 13. Jg., H. 2, S. 145–152.

Castéra L.; Foucher J.; Bernard P. et al.; 2010: Pitfalls of liver stiffness measurement: a 5-year prospective study of 13,369 examinations. In: *Hepatology Baltimore* 51. Jg., H. 3, S. 828–835.

Celebi N.; Zwirner K.; Lischner U. et al.; 2012: Student tutors are able to teach basic sonographic anatomy effectively - a prospective randomized controlled trial. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 33. Jg., H. 2, S. 141–145.

Cengiz M.; Sentürk S.; Cetin B. et al.; 2014: Sonographic assessment of fatty liver: intraobserver and interobserver variability. In: *International Journal of Clinical and Experimental Medicine* 7. Jg., H. 12, S. 5453–5460.

Claudon M.; Dietrich C.; Choi B. et al.; 2013a: Guidelines and good clinical practice recommendations for Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) in the liver - update 2012:

A WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. In: *Ultrasound in medicine & biology* 34. Jg., H. 2, S. 187–210.

Claudon M.; Dietrich C.; Choi B. et al.; 2013b: Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS) in the liver--update 2012: a WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* 39. Jg., H. 1, S. 11–29.

Cokkinos D.; Antypa E.; Stefanidis K. et al.; 2012: Contrast-enhanced ultrasound for imaging blunt abdominal trauma - indications, description of the technique and imaging review. In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* 33. Jg., H. 1, S. 60–67.

Cokkinos D.; Kenton T.; Karouzaki E. et al.; 2008: „... not seen due to overlying gas and fluid“. How often is abdominal ultrasound imaging impaired? In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* 29. Jg., H. S 1.

Correas J.-M.; Low G.; Needleman L. et al.; 2011: Contrast enhanced ultrasound in the detection of liver metastases: a prospective multi-centre dose testing study using a perfluorobutane microbubble contrast agent (NC100100). In: *European radiology* 21.Jg., H. 8, S. 1739–1746.

Cosgrove D.; Piscaglia F.; Bamber J. et al.; 2013: EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications. In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* 34. Jg., H. 3, S. 238–253.

Cui X.; Ignee A.; Hocke M. et al.; 2014: Prolonged heterogeneous liver enhancement on contrast-enhanced ultrasound. In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* 35. Jg., H. 3, S.246–252.

De Keyser et al.; 1990: Fixation Errors: Failures to Revise Situation Assessment in Dynamic and Risky Systems. In: Colombo, A.; De Bustamante, A.; *Systems Reliability Assessment*. In: Springer Netherlands Bd. 6, S. 231-251.

DEGUM; 2003: Mehrstufenkonzept der DEGUM *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* H. 24, S. 49–51.

DEGUM; 2015: Mehrstufenkonzept der Sonographie des Abdomens. <http://www.degum.de/sektionen/innere-medizin/mehrstufenkonzept-zertifizierung.html> zuletzt geprüft am: 28.08.2015.

Dietrich C.; Hirche T.; Schreiber D. et al.; 2003: Ultrasonography of Pleura and Lung. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 24. Jg., H. 5, S. 303–311.

Dietrich C.; Ignee A.; Greis C. et al.; 2014a: Artifacts and pitfalls in contrast-enhanced ultrasound of the liver. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 35. Jg., H. 2, S. 108-25.

Dietrich C.; Ignee A.; Hocke M. et al.; 2011: Pitfalls and artefacts using contrast enhanced ultrasound. In: *Zeitschrift für Gastroenterologie* 49. Jg., H. 3, S. 350–356.

Dietrich C.; Lembcke B.; Jenssen C. et al.; 2014b: Intestinal ultrasound in rare gastrointestinal diseases, update, part 1. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 35. Jg. H. 5, S. 400–421.

Dietrich C.; Lembcke B.; Jenssen C. et al.; 2015: Intestinal Ultrasound in Rare Gastrointestinal Diseases, Update, Part 2. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 36. Jg., H. 5, S. 428-456.

Dietrich C.; Mertens J.; Braden B. et al.; 2007: Contrast-enhanced ultrasound of histologically proven liver hemangiomas *Hepatology*, Baltimore 45. Jg., H. 5, S. 1139–1145.

D'Onofrio M.; Biagioli E.; Gerardi C. et al.; 2014: Diagnostic performance of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) and contrast-enhanced endoscopic ultrasound (ECEUS) for the differentiation of pancreatic lesions: a systematic review and meta-analysis. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 35. Jg. H. 6, S. 515–521.

Frodl; 2013: Management von Arztpraxen: Kosten senken, Effizienz steigern. Betriebswirtschaftliches know-how für die Heilberufe: Gabler Verlag, S. 331.

Frühwald; 2013: Das REFA-Gedankengut: Eine Darstellung für den Kaufmann: Gabler Verlag, S. 9.

Gawande A.; Thomas E.; Zinner M. et al.; 1999: The incidence and nature of surgical adverse events in Colorado and Utah in 1992. In: *Surgery* 126. Jg., H. 1, S. 66–75.

Geipel; 2003: Der IT-Projektmanager: Arbeitstechniken, Checklisten und soziale Kompetenz: Addison-Wesley, S. 118.

Giesel F.; Delorme S.; Sibbel R. et al.; 2009: Kontrastverstärkter Ultraschall zur Charakterisierung von inzidentellen Leberläsionen - eine ökonomische Betrachtung im Vergleich zur Mehrphasen-Computertomografie. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 30. Jg., H. 3, S. 259–268.

Gladisch R.; Elfner R.; Massner B. et al.; 1985: Prämedikation zur abdominellen Sonographie-Vergleich der Wirksamkeit zweier Dimeticon-Präparate. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 6. Jg., H. 2, S. 114–117.

Görg C., 2015: Referat vom 19.06.2015 an den „Gastrotagen in Ludwigshafen“, Seminarleiter der DEGUM, Universitätsklinik Marburg

Görg C.; 2002: Luft: "Akustischer Schlüssel" zur Diagnose! In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 23. Jg., H. 4, S. 233–238.

Görg C.; Hoffmann A. et al.; 2008: Milzmetastasen bei 59 Patienten mit Karzinomen: Eine klinisch sonografische Studie über einen Zeitraum von 14 Jahren. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 29. Jg., H. 2, S. 173–178.

Görg C.; Kunsch S.; Neesse A. et al.; 2014: Incidental findings in abdominal ultrasound. Characteristics and clinical interpretation. In: Der Internist 55. Jg., H. 9, S.998.

Görg C.; Özbatur H. et al.; 2009: Diagnostische Wertigkeit einer standardisierten internistischen Sonografie bei Patienten mit Fieber. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 30. Jg., H. 4, S. 396–400.

Görg C.; Schwerk W.; Görg K. et al.; 1991: Splenic lesions- Sonographic patterns, follow-up, differential diagnosis. In: European Journal of Radiology 13. Jg., H. 1, S.59–66.

Habscheid W.; 2006: Ultrasound of venous thrombosis of the leg. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 27. Jg., H. 6, S. 512-526.

Hänecke K.; Tiedemann S.; Nachreiner F. et al.; 1998: Accident risk as a function of hour at work and time of day as determined from accident data and exposure models for the German working population. In: Scandinavian journal of work, environment & health 24. Jg., S. 43–48.

Hansis M.; Hart D.; Becker-Schwarze K. et al.; 2001: Medizinische Behandlungsfehler in Deutschland "Gesundheitsberichterstattung der Bundes- Heft 5", Robert Koch-Institut S. 7-9.

Heese F.; Görg C.; 2006: Diagnostische Wertigkeit einer internistischen Referenzsonographie (DEGUM-Stufe 3). In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 27. Jg., H. 3, S. 220–224.

Herbay A.; Häussinger D. et al.; 2002: Der Einsatz der farbkodierten Duplexsonographie (FKDS) erhöht die diagnostische Sicherheit in der Abdomensonographie. In: Ultraschall in der Medizin 23. Jg., H. 3, S. 168–175.

Herbay A.; Vogt C.; Willers R. et al.; 2004: Real-time imaging with the sonographic contrast agent SonoVue: differentiation between benign and malignant hepatic lesions. In: Journal of ultrasound in medicine: official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine 23. Jg., H. 12, S. 1557–1568.

Heyne J.; 2000: Die doppelte Aorta--Rarität oder Artefakt im Ultraschall. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 21.Jg., H. 3, S. 145–147.

Hirche T.; Hirche H.; Xin-Wu C. et al.; 2014: Ultrasound evaluation of mediastinal lymphadenopathy in patients with sarcoidosis. In: Medical Ultrasonography 16. Jg., H. 3, S. 194-200.

Hirche T.; Wagner, Thomas O.; Dietrich C. et al.; 2002: Mediastinalsonographie: Technik und Anwendungsmöglichkeiten. In: Medizinische Klinik 97. Jg., H. 8, S. 472–479.

Hofer M.; 2011: Doc's Coach. Praktische Fertigkeiten für Klinik & Praxis. 4 Aufl.: Didamed-Verlag Düsseldorf, S. 85-88.

Hofer M.; Kamper L.; Sadlo M. et al.; 2011: Evaluation of an OSCE assessment tool for abdominal ultrasound courses. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 32. Jg., H. 2, S.184–190.

Hofer M.; Schiebel B.; Hartwig H.-G. et al.; 2002: Didaktiktraining für Ausbilder in Ultraschallkursen - Evaluation des "Train-the-trainer"-Programms des Medizindidaktischen Pilotprojektes Düsseldorf. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 23. Jg., H. 4, S. 267–273.

Holm H.; Skjoldbye B. et al.; 1996: Interventional ultrasound. In: *Ultrasound in medicine & biology* 22. Jg., H 7, S. 773–789.

Holtmann M.; Barreiros A.; Mudter J. et al.; 2010: Ausbildung am Ultraschallsimulator- Analyse der größten simulatorbasierten Fortbildung in Deutschland. In: *Zeitschrift für Gastroenterologie* 48 Jg., H 11, S. 1279–1284.

Höpfner M.; Scheel A.; Braun M. et al.; 2014: Noduläre regeneratoische Hyperplasie mit metastasenartigen Eigenschaften in CEUS. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 35. Jg., H. 3, S. 199-202

Hoppe J.; Schrappe M. et al.; Aktionsbündnis Patientensicherheit e.V. 2008: Aus Fehlern lernen. In: KomPart Verlagsgesellschaft mbH & CoKG. http://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/Aus_Fehlern_lernen.pdf; zuletzt geprüft am: 20.10.2015.

Jenderka K.-V.; 2013: Ausbreitung von Ultraschall im Gewebe und Verfahren der Ultraschallbildgebung. In: *Radiologie* 53. Jg., H. 12, S. 1137–1150.

Jöst C.; Aiginger C.; Prosch H. et al.; 2010: Isolierte Sarkoidose der Milz und Leber als Ultraschall-Zufallsbefund. In: *RöFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 182. Jg., H. 4, S. 353–354.

Judmaier G.; 2003: Ultraschallausbildung- kann die Ausbildung am Phantom die Ausbildungsqualität verbessern? In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 24. Jg., H. 4, S. 231–232.

Kassenärztliche Bundesvereinigung; 2009: Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach §135 Abs. 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (Ultraschall-Vereinbarung) vom 31.10.2008. In: Deutsches Ärzteblatt H. 8, Beilage.

Kathol M.; Sato Y.; Franken E. et al.; 1990: Satisfaction of search in diagnostic radiology. In: Investigative radiology 25. Jg., H. 2, S. 133–140.

Kinkel K.; Lu Y.; Both M. et al.; 2002: Detection of hepatic metastases from cancers of the gastrointestinal tract by using noninvasive imaging methods (US, CT, MR imaging, PET): a meta-analysis. In: Radiology 224. Jg., H. 3, S. 748–756.

Kirch; 2005: Fehldiagnosen und Patientensicherheit: Springer-Verlag Berlin, New York S. 7-8, S. 13-14.

Kirch W.; Shapiro F.; Fölsch U. et al.; 2004: Health care quality: Misdiagnosis at a university hospital in five medical eras. In: Journal of Public Health 12. Jg., H. 3, S.154–161.

Klein H.; Lensing R.; Klosterhalfen B. et al.; 1995: Diagnostic imaging of mesenteric infarction. In: Radiology 197. Jg., H. 1, S. 79–82.

Kohn L.; Corrigan J.; Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America et al.; 2000: To Err is Human: Building a Safer Health System. In: National Academies Press (US) Washington DC, H. 1.

Kollmann C.; De Korte C.; Dudley N. et al.; 2012: Guideline for Technical Quality Assurance (TQA) of ultrasound devices (B-Mode)- version 1.0 (July 2012): EFSUMB Technical Quality Assurance Group--US-TQA/B. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 33. Jg., H. 6, S. 544–549.

Kollmann C.; Kögler V.; Preusser R. et al.; 2015: E-Learning Ressource zur Vermittlung von Wissen über Ultraschallartefakte. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 36. Jg., H. S 01.

Kopardekar P.; Mital A. et al.; 1994: The effect of different work-rest schedules on fatigue and performance of a simulated directory assistance operator's task. In: Ergonomics 37. Jg., H. 10, S. 1697–1707.

Koppenberg J.; 2012: Patientensicherheit - Definition und Epidemiologie von unerwünschten Ereignissen, Fehlern und Schäden. In: Therapeutische Umschau. Revue thérapeutique 69. Jg., H. 6, S. 335–340.

Kujat C., Holm H.; 1983: Abdominale Ultraschalldiagnostik: Steinkopff Darmstadt, S.2-3.

Labenz J.; Labenz C.; Gross M. et al.; 2015: Chronischer Oberbauchschmerz: Diese organische Erkrankungen können die Ursache sein. In: Deutsche medizinische Wochenschrift (10) S. 723–727.

Lackner et al.; 2009: Fehlentscheidungen in der Radiologie: Thieme Stuttgart, New York.

Leape L.; Brennan T.; Laird N. et al.; 1991: The nature of adverse events in hospitalized patients. Results of the Harvard Medical Practice Study II. In: The New England journal of medicine 324. Jg., H. 6, S. 377–384.

Leen E.; Ceccotti P.; Kalogeropoulou C. et al.; 2006: Prospective multicenter trial evaluating a novel method of characterizing focal liver lesions using contrast-enhanced sonography. In: American journal of roentgenology 186. Jg., H. 6, S.1551–1559.

Lehmann D.; Uebel P.; Weiss H. et al.; 2000: Sonographische Darstellbarkeit der normalen und der entzündeten Appendix--bei Patienten mit rechtsseitigen Unterbauchschmerzen. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 21. Jg., H. 3, S.101–106.

Loch E.; Bönhof J.; Böttcher D. et al.; 1985: Qualifikations- und Qualitätskontrolle in der Sonographie. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 6. Jg., H. 5, S. 250–254.

Loewenbrück K.; 2012: Ansichten von Patienten und Ärzten zur Kommunikation von unerwünschten Ereignissen und Fehlern an drei Universitätskliniken in Deutschland, Japan und den USA. In: Schmidt K.; Sold M.; Verrel T. (Hg.) Zum Umgang mit Behandlungsfehlern. Lit. Berlin, Münster S. 73.

Lux R.; 2012: Vermeidung von und Umgang mit Fehlern - und Einstellungs- und Verhaltensänderungen von professionellen im Krankenhaus. In: Schmidt, K.; Sold, M.; Verrel, T. (Hg.) Zum Umgang mit Behandlungsfehlern. Lit. Berlin, Münster S. 146-178.

Lynch J.; Sharma O.; Baughman R. et al.; 1998: Extrapulmonary sarcoidosis. In: Seminars in respiratory infections 13. Jg., H. 3, S. 229–254.

Maio G.; 2014: Medicine and the holistic understanding of the human being: ultrasound examination as dialog. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 35. Jg., H. 2, S. 98–107.

Malnick S.; Melzer E. et al.; 2005: Routine ultrasound-guided liver biopsy: a time whose idea has come? In: Journal of clinical gastroenterology 39. Jg., H. 10, S. 900–903.

Mathis G.; 1997: Thoraxsonography—Part I. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 23. Jg., H. 8, S. 1131–1139.

Mathis G.; Bitschnau R.; Gehmacher O. et al.; 1999: Ultraschallgeführte transthorakale Punktion. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 20. Jg., H. 6, S. 226–235.

Mauch M.; 2005: Beispiel eines diagnostischen Verwirrspiels- Aortenaneurysma oder Morbus Ormond ? Morbus Ormond oder Aortenaneurysma? In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 26. Jg., H. 2, S. 91–93.

Maurino; 1997: Beyond aviation human factors: Ashgate Aldershot, England S. 13-27.

Meuwly J.; Felley C.; Vuilleumier H. et al.; 2002: Nichttraumatisches akutes Abdomen: Ultraschalldiagnostik der Erkrankungen des Gastro-Intestinaltraktes. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 23. Jg. H. 1, S. 13–21.

Moneta G.; Lee R.; Yeager R. et al.; 1993: Mesenteric duplex scanning: A blinded prospective study. In: Journal of Vascular Surgery 17. Jg., H. 1, S. 79–86.

Moore E.; Shepard J.; McCloud T. et al.; 1990: Positional precautions in needle aspiration lung biopsy. In: Radiology 175. Jg., H. 3, S. 733–735.

Nürnberg D.; Jung A.; Schmieder C. et al.; 2008: Was kostet die Sonografie--Ergebnisse einer Kosten- und Prozessanalyse an einem Versorgungskrankenhaus. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 29. Jg., H. 4, S. 405–417.

Oestmann J.; 2002: Radiological Error: What we Cannot Change and What we Should Do. In: RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren 174. Jg., H. 11, S. 1355–1357.

Oldenburg A.; Albrecht T. et al.; 2008: Sonografische Leberdiagnostik bei Tumorpatienten ohne und mit Kontrastmittel. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 29. Jg., H. 5, S. 488–498.

Oldenburg A.; Hohmann J.; Foert E. et al.; 2005: Detection of hepatic metastases with low MI real time contrast enhanced sonography and SonoVue. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 26. Jg., H. 4, S. 277–284.

Ollenschläger G.; Thomeczek C. et al.; 2002: Qualitätsmanagement im Gesundheitswesen: Fehlerprävention und Umgang mit Fehlern in der Medizin. In: Medizinische Klinik 97. Jg., H. 9, S. 564–570.

Osterwalder J.; Mathis G.; Nürnberg D. et al.; 2011: 3-Länderübergreifende Basisausbildung und Curriculum Notfallsonografie. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 32. Jg., H. 2, S. 218–220.

Palm S.; Cardeneo M.; Halber M. et al.; 2002: Risk Management: Konzepte und Chancen für das Gesundheitswesen. In: Medizinische Klinik 97. Jg., H. 1, S. 46–51.

Pfandzelter R.; Sander G.; Balhar T. et al.; 2012: Technical quality assurance in diagnostic ultrasound in outpatient care in Germany. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 33. Jg., H. 6, S. 574–580.

Pochhammer K.; Dudwiesus H.; Hollstein H. et al.; 1984: Sonographische Artefakte an rundlichen Reflektoren. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 5. Jg., H. 2, S. 70–73.

Protschka J.; 2012: Behandlungsfehler: Die Angst vor der Schuld. In: Deutsches Ärzteblatt H. 109, S. 51–52.

Quillin S.; Siegel M. et al.; 1994: Appendicitis: efficacy of color Doppler sonography. In: Radiology 191. Jg., H. 2, S. 557–560.

Rall M.; Manser T.; Guggenberger H. et al.; 2001: Patientensicherheit und Fehler in der Medizin - Entstehung, Prävention und Analyse von Zwischenfällen. In: AINS Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie 36. Jg., H. 6, S. 321–330.

Reason; 1990: Human error: Cambridge University Press, Cambridge England, New York.

Reason J.; 2000: Human error: models and management. In: BMJ 320. Jg., H. 7237 S.768–770.

Recker F.; Blank V.; Diederich H. et al.; 2014: Ultraschallausbildung an deutschsprachigen Universitäten. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 35. Jg., H. S1.

Recker F.; Michels G. et al.; 2015: Integration der Notfallsonografie im Medizinstudium. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 36. Jg., H. S 01.

Rettenbacher T.; Hollerweger A.; Macheiner P. et al.; 1997: Die Sonographie der normalen Appendix vermiformis. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 18. Jg., H. 3, S. 139–142.

Reuss J.; 2010: Sonography of the pleura. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 31. Jg., H. 1, S. 8-22.

Rosenberg I.; Schwarzenbach H.; Tuma J. et al.; 2012: «Knopfologie» (Wichtige Geräteeinstellungen). In: Praxis 101. Jg., H. 18, S. 1207–1212.

Rosenfeld E.; Jenderka K.; Kopp A. et al.; 2013: How Perfect Are You With Defective Probes? Information on the Results of the Mini-Trial on Technical Quality Assurance During the "Ultraschall 2012" Conference in Davos. In: Ultraschall in der Medizin 34. Jg., H. 2, S. 185–188.

Rubaltelli L.; Beltrame V.; Scagliori E. et al.; 2014: Potential use of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the detection of metastatic superficial lymph nodes in melanoma patients. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 35. Jg., H. 1, S. 67–71.

Schacherer D.; Klebl F.; Schölmerich J. et al.; 2006: Prospektive Untersuchung der Treffsicherheit verschiedener Perfusionsmuster in der Kontrastmittelsonographie bei Diagnose maligner Prozesse. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart H. 27.

Schaefer P.; Pfarr J.; Trentmann J. et al.; 2013: Comparison of noninvasive imaging modalities for stenosis grading in mesenteric arteries. In: RöFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 185. Jg., H. 7, S. 628–634.

Schließ R.; Bauer A. et al.; 1996: Ultraschallkontrastmittel Neue Perspektiven in der Ultraschalldiagnostik. In: Radiologie 36. Jg., H. 1, S. 51–57.

Schmidt et al.; 2015: Kursbuch Ultraschall. 6. Aufl.: Thieme, Stuttgart S. 28-36, S. 493.

Schmidt K.; Sold M.; Verrel T. et al.; 2012: Zum Umgang mit Behandlungsfehlern. Bd. 1: Lit Berlin, Münster, S. 12.

Schreyer A.; Friedrich C.; Mrosek S. et al.; 2010: Kostenanalyse einer kontrastgestützten MRT des Schädels an einem Universitätsklinikum. In: RöFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 182. Jg., H. 10, S.891–899.

Schuler A.; Reuss J.; Delorme S. et al.; 2010: Kosten von Ultraschalluntersuchungen im Krankenhaus - das Modell einer Deckungsbeitragsrechnung. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 31. Jg., H. 4, S. 379–386.

Schuler A.; Vasilakis D.; Karbe T. et al.; 2011: Primary Ultrasound as an Imaging Method for Patients in the Emergency Department. First Results of the PRIMUS-Study (DEGUM Multicenter-Study). In: Ultrasound in medicine & biology 37. Jg., H. 8, S. 26.

Schwachapp D.; 2010: Der Fehler nach dem Fehler, Kommunikation mit Patienten nach einem Behandlungsfehler. In: Primary Care H. 12, S. 223–224.

Seemann M.; Bonél H.; Wintersperger B. et al.; 1998: Vergleich eines High-End-Ultraschallgerätes mit einem Spiral-CT-Scanner beim Screening von Lebermetastasen. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 19. Jg., H. 4, S.164–167.

Seifart C.; 2012: Unbeachtete "innere" Hürden eines effizienten Fehlermanagements in: Schmidt K.; Sold M.; Verrel T. (Hg.) Zum Umgang mit Behandlungsfehlern. Lit. Berlin, Münster S. 88-104.

Seitz K.; 2007: Gas- und Luftblasen. Vom Untersuchungshindernis zum Diagnostikum. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 28. Jg., H. 6, S. 576–577.

Seitz K.; 2011: Abdomineller Ultraschall: klinisch wichtig und zukunftssträftig. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 32. Jg., H. 6, S. 543–546.

Seitz K.; 2012: Qualitätssicherung in der Ultraschalldiagnostik in Deutschland – eine unendliche Geschichte. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 33. Jg. H. 6, S. 517–519.

Seitz K.; 2014: Doppeltes Dopplerproblem bei Abklärung sekundärer Hypertonie. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 35. Jg., H. S 01.

Seitz K.; Bernatik T.; Strobel D. et al.; 2010: Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for the characterization of focal liver lesions in clinical practice (DEGUM Multicenter Trial): CEUS vs. MRI--a prospective comparison in 269 patients. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 31. Jg., H. 5, S. 492–499.

Seitz K.; Strobel D.; Bernatik T. et al.; 2009: Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) for the characterization of focal liver lesions - prospective comparison in clinical practice: CEUS vs. CT (DEGUM multicenter trial). Parts of this manuscript were presented at the Ultrasound Dreiländertreffen 2008, Davos. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 30. Jg., H. 4, S. 383–389.

Seitz K.; Vasilakis D.; Ziegler M. et al.; 2003: Was leistet die abdominelle B-Bild-Diagnostik mit einem tragbaren Ultraschallgerät im Vergleich mit einem High-End-Gerät? Ergebnisse einer Pilotstudie. In: Ultraschall in der Medizin, Stuttgart 24. Jg., H 2, S. 96–100.

Seiwert; 2001: Das neue 1x1 des Zeitmanagement. 23. Aufl.: Gräfe und Unzer München S. 67.

Seys D.; Wu A.; van Gerven E. et al.; 2013: Health care professionals as second victims after adverse events: a systematic review. In: *Evaluation & the health professions* 36. Jg., H. 2, S. 135–162.

Sheafor D.; Paulson E.; Simmons C. et al.; 1998: Abdominal percutaneous interventional procedures: comparison of CT and US guidance. In: *Radiology* 207. Jg., H. 3, S. 705–710.

Sheets P.; Brumbaugh C.; Kopecky K. et al.; 1991: Safety and Efficacy of a Spring-propelled 18-gauge Needle for US-guided Liver Biopsy. In: *Journal of Vascular and Interventional Radiology* 2. Jg., H. 1, S. 147–149.

Sidhu P.; 2015: Multiparametrischer Ultraschall (MPUS): Eine Terminologie, um die viele Aspekte der Ultrasonografie zu beschreiben. In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* 36. Jg., H. 4, S.315–317.

Simanowski J.; 2006: Unklares akutes Abdomen- Operieren oder Nicht? Sofortige Entscheidungshilfe durch sonographiegeleitete Intervention. In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* H. 27.

Skjoldbye B.; Bachmann Nielsen M. et al.; 2006: Contrast enhanced ultrasonography and US-guided interventions. In: *Ultraschall in der Medizin, Stuttgart* 27. Jg., H. 1, S. 4–7.

Smith-Bindman R.; Aubin C.; Bailitz J. et al.; 2014: Ultrasonography versus computed tomography for suspected nephrolithiasis. In: *The New England journal of medicine* 371. Jg., H. 12, S. 1100–1110.

Sorokin I.; Welliver C.; Elebyjian L. et al.; 2015: Interinstitutional variability in testicular volumes and varicocele presence by ultrasound: surprising discrepancies and implications for clinical decision making. In: *Urology* 85. Jg., H. 5, S. 1079–1084.

Sparchez Z.; 2005: Complications after percutaneous liver biopsy in diffuse hepatopathies. In: *Romanian journal of gastroenterology* 14. Jg., H. 4, S. 379–384.

Sporea I.; Badea R.; Popescu A. et al.; 2014: Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for the evaluation of focal liver lesions - a prospective multicenter study of its usefulness in clinical practice. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 35. Jg., H. 3, S. 259–266.

Stang A.; Keles H.; Hentschke S. et al.; 2011: Incidentally detected splenic lesions in ultrasound: does contrast-enhanced ultrasonography improve the differentiation of benign hemangioma/ hamartoma from malignant lesions? In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 32. Jg., H. 6, S. 582–592.

Staubli M.; 2001: Complications in internal medicine. A study for clinical epidemiology and for prevention of medical complications in Swiss hospitals. In: *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung* 95. Jg., H. 7, S. 485–488.

Strobel D.; Bernatik T.; Blank W. et al.; 2015: Incidence of bleeding in 8172 percutaneous ultrasound-guided intraabdominal diagnostic and therapeutic interventions - results of the prospective multicenter DEGUM interventional ultrasound study (PIUS study). In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 36. Jg., H. 2, S. 122–131.

Strobel D.; Mueller T.; Reichel A. et al.; 2013: Spectrum and complications of percutaneous ultrasound guided intraabdominal interventions - results of the prospective multicenter DEGUM study. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 34. Jg., H. S 01.

Strobel D.; Seitz K.; Blank W. et al.; 2008: Contrast-enhanced ultrasound for the characterization of focal liver lesions--diagnostic accuracy in clinical practice (DEGUM multicenter trial). In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 29. Jg., H. 5, S. 499–505.

Swensson R.; 1988: The effects of clinical information on film interpretation. Another perspective. In: *Investigative radiology* 23. Jg., H. 1, S. 56–61.

Swensson R.; Hessel S.; Herman P. et al.; 1985: The value of searching films without specific preconceptions. In: *Investigative radiology* 20. Jg., H. 1, S. 100–114.

Tana C.; Dietrich C.; Schiavone C. et al.; 2014: Hepatosplenic sarcoidosis: contrast-enhanced ultrasound findings and implications for clinical practice. In: *BioMed research international* Article ID 926203; <http://dx.doi.org/10.1155/2014/926203> ; zuletzt geprüft am: 20.10.2015.

Terkamp C.; Kirchner G.; Wedemeyer J. et al.; 2003: Simulation of abdomen sonography. Evaluation of a new ultrasound simulator. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 24. Jg., H. 4, S. 239-244.

Thees-Laurenz R; Mertiny E; Kappes-Schaedler C et al.; 2012: Bildgebende Diagnostik bei akuter Peritonitis nach Hohlorganperforation. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart H. 33, S. A101.

Tucker P.; 2003: The impact of rest breaks upon accident risk, fatigue and performance. In: *Work & Stress* 17. Jg., H. 2, S. 123–137.

Uebel P.; Weiss H.; Trimborn C. et al.; 1996: Die sonographische Diagnostik der akuten Appendizitis- Möglichkeiten und Grenzen einer Methode- Ergebnisse prospektiver und retrospektiver klinischer Studien. In: *Ultraschall in der Medizin*, Stuttgart 17. Jg., H. 3, S. 100–105.

Van der Poorten D.; Kwok A.; Lam T. et al.; 2006: Twenty-year audit of percutaneous liver biopsy in a major Australian teaching hospital. In: *Internal medicine journal* 36. Jg., H. 11, S. 692–699.

Wan Y.; 2000: Ultrasonographic findings and differentiation of benign and malignant focal splenic lesions. In: *Postgraduate Medical Journal* 76. Jg., H. 898, S. 488–493.

Wang W.; Wu Y.; Luo Y. et al.; 2009: Clinical value of contrast-enhanced ultrasonography in the characterization of focal liver lesions: a prospective multicenter trial. In: *Hepatobiliary & pancreatic diseases international* 8. Jg., H. 4, S. 370–376.

Wang Z.; Tang J.; Weskott H. et al.; 2008: Undetermined focal liver lesions on gray-scale ultrasound in patients with fatty liver: characterization with contrast-enhanced ultrasound. In: *Journal of gastroenterology and hepatology* 23. Jg., H. 10, S. 1511–1519.

Warshauer D.; Lee J. et al.; 2004: Imaging manifestations of abdominal sarcoidosis. In: *American journal of roentgenology* 182. Jg., H. 1, S. 15–28.

Wilson R.; Runciman W.; Gibberd R. et al.; 1995: The Quality in Australian Health Care Study. In: *The Medical journal of Australia* 163. Jg., H. 9, S. 458–471.

Wu; 2000: Medical error: the second victim In: The Western journal of medicine 172. Jg., H. 6, S. 358–359.

Wu W.; Chen M.; Yin S. et al.; 2006: The role of contrast-enhanced sonography of focal liver lesions before percutaneous biopsy. In: American journal of roentgenology 187. Jg., H. 3, S. 752–761.

Zwolak R.; 1999: Can duplex ultrasound replace arteriography in screening for mesenteric ischemia? In: Seminars in vascular surgery 12. Jg., H. 4, S. 252–260.

13 Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen/Herren in Marburg:

Adamkiewitz	Grzeschik	Oliver
Bartsch	Hofmann	Renz
Bauer	Hoyer	Rierra-Knorrenschild
Baum	Jerrentrup	Ruchholz
Baumann	Kann	Schäfer
Becker	Kill	Schieffer
Bösner	Kinscherf	Seifart
Brehm	Klose	Seitz
Cetin	Köhler	Sevinc
Czubayko	Kolb-Niemann	Steiniger
Daut	König	Tackenberg
Decher	Koolmann	Teymoortash
del Rey	Kretschmer	Uphoff
Dettmeyer	Kühne	Vogelmeier
Dinges	Kühnert	Wagner
Donner-Banzhoff	Lenz	Weihe
Fendrich	Lohoff	Westermann
Feuser	Maisch	Wilhelm
Görg	Moll	Wrocklage
Gress	Neubaer	Wulf
Grosse	Oertel	Zemlin

14 Danksagung

Meine Danksagung für diese Arbeit gilt vor allem meinem Mentor und Betreuer Prof. Dr. med. C. Görg. Sein offener Umgang mit den eigenen Fehlern hat mich besonders beeindruckt und motivierte mich am meisten, diese Arbeit zu schreiben. Daneben bereicherten seine vielen Hilfestellungen und Anregungen im persönlichen Umfeld des familiären Frühstückstisches die Umsetzung der Fehleranalyse. Die von ihm vermittelten Erkenntnisse gehen weit über den Rahmen dieser Dissertationsschrift hinaus.

Besonders möchte ich mich bei meiner lieben Mutter Dr. Susanne Lesker bedanken, die mich in allen Dingen unterstützt und mit ihrem großartigen Optimismus und ihrer grenzenlosen Güte mich in dem Glauben erzogen hat, dass alles möglich ist.

Von meinen Freunden, die mich alle sehr fürsorglich motiviert haben, möchte ich mich ganz herzlich bei Sarah Schiffer bedanken. Ihre hilfreiche Beratung und ihre ehrliche Kritik wusste ich sehr zu schätzen. Sie war mir während des Schreibprozesses eine riesige Hilfe.

Daneben bedanke ich mich auch bei Maike Collienne, die mir gerade in der Anfangszeit der Fehleranalyse mit praktischen Tipps zur Seite stand.

Zuletzt gilt mein Dank meinem Freund Silvan Catterfeld. Seine Faszination für mein Thema, seine positive Gedanken und seine vielen Ermutigungen haben mich unglaublich unterstützt.