

Aus dem Lehrstuhl für Röntgendiagnostik
Prof. Dr. S. Feuerbach
der Medizinischen Fakultät der Universität Regensburg

**Vergleich von hochauflösendem Darmultraschall mit
MR-Enterographie zur Diagnostik bei Patienten mit
chronisch entzündlichen Darmerkrankungen**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
der Universität Regensburg

von
Cynthia Menzel

2009

Dekan: Prof. Dr. Bernhard Weber

1. Berichterstatter: PD Dr. A. Schreyer

2. Berichterstatter: Prof. Dr. J. Schölmerich

Tag der mündlichen Prüfung: 14.07.2009

gewidmet
meiner lieben Schwester

Claudia Menzel

Inhaltsverzeichnis

1	Abstrakt.....	7
2	Einleitung und Grundlagen.....	9
2.1	Epidemiologie und Ätiologie der CED	9
2.2	Klinik.....	10
2.3	Diagnostik	14
2.3.1	Labor und Mikrobiologie	14
2.3.2	Bildgebung	15
2.3.2.1	Durchleuchtungsverfahren	16
2.3.2.1.1	Abdomenübersichtsaufnahme	16
2.3.2.1.2	Konventionelles Enteroklysma (Dünndarm-Doppelkontrast-Untersuchung nach Sellink)	16
2.3.2.1.3	Magen-Darm-Passage	17
2.3.2.1.4	Bariumkontrastuntersuchung des Kolon	17
2.3.2.1.5	Spezielle Indikationen	17
2.3.2.2	Endoskopische Verfahren	18
2.3.2.2.1	Ileokoloskopie	18
2.3.2.2.2	Sigmoideoskopie/Rektoskopie	19
2.3.2.2.3	Ösophagogastroduodenoskopie.....	19
2.3.2.2.4	Videokapselendoskopie.....	19
2.3.2.2.5	Doppelballonendoskopie.....	20
2.3.2.2.6	Färbeverfahren	20
2.3.2.3	Schnittbildgebung.....	21
2.3.2.3.1	Sonographie.....	21
2.3.2.3.2	Computertomographie.....	23
2.3.2.3.3	MRT	24
2.3.2.3.4	Virtuelle Endoskopie (CT-/MR-Kolographie)	25
2.3.3	Aktivitätsindizes.....	27
2.3.3.1	Klinische Aktivitätsindizes	27
2.3.3.2	Endoskopische Aktivitätsindizes.....	27
2.3.3.3	MR-Aktivitätsindex.....	27
3	Zielsetzung.....	29
4	Material und Methoden	30
4.1	Patientenkollektiv	30
4.2	Erfassungsmethode	30
4.3	Patientenvorbereitung und apparative Untersuchung	32
4.3.1	MR-Enterographie.....	32
4.3.2	Abdomen-Sonographie.....	33
4.4	Auswertung.....	35

4.4.1	Kriterien	35
4.4.2	Patientenbezogene Auswertung unter Berücksichtigung der Lokalisation.....	36
4.4.3	Patientenbezogene Auswertung ohne Berücksichtigung der Lokalisation	37
4.4.4	Segmentbezogene Auswertung	40
4.4.5	Statistische Auswertung	41
5	Ergebnisse	42
5.1	Alters- und Geschlechtsverteilung.....	42
5.2	Zeitintervall zwischen Sonographie und MR-Enterographie	44
5.3	Erfahrung des Untersuchers	45
5.3.1	MR-Enterographie.....	45
5.3.2	Sonographie.....	45
5.4	Systematik der Auswertung der US- und MRT-Befunde.....	46
5.4.1	Lokalisation	46
5.4.2	Kategorien und Begriffsdefinition	48
5.4.2.1	Darmwandveränderungen	48
5.4.2.2	Stenosen	49
5.4.2.3	Abszesse	49
5.4.2.4	Fisteln	49
5.4.2.5	Lokoregionäre Lymphknoten.....	49
5.4.2.6	„Creeping fat“ und „Comb sign“	49
5.4.2.7	Konglomerattumor	50
5.4.3	Ergebnisse sortiert nach Kategorien.....	51
5.4.3.1	Darmwandveränderungen	51
5.4.3.1.1	Patientenbezogene Auswertung unter Berücksichtigung der Lokalisation 51	
5.4.3.1.2	Segmentbezogene Auswertung und Vergleich der Lokalisationen.....	52
5.4.3.1.3	Spezifizierung der Darmwandveränderungen.....	54
5.4.3.1.4	Längenausdehnung der Darmwandveränderungen und Wanddicke	56
5.4.3.1.5	Patientenbezogener Vergleich unter Berücksichtigung der Lokalisation 58	
5.4.3.1.6	Patientenbezogener Vergleich ohne Berücksichtigung der Lokalisation 60	
5.4.3.2	Stenosen	65
5.4.3.2.1	Patientenbezogene Auswertung unter Berücksichtigung der Lokalisation 65	
5.4.3.2.2	Segmentbezogene Auswertung	66
5.4.3.2.3	Indirekte Zeichen einer Stenose	68
5.4.3.2.4	Grad der Lumeneinengung und Vergleich der Längenausdehnung.....	69
5.4.3.2.5	Patientenbezogene Auswertung ohne Berücksichtigung der Lokalisation 71	
5.4.3.3	Abszesse	76
5.4.3.3.1	Patientenbezogene Auswertung	76
5.4.3.3.2	Segmentbezogene Auswertung	81
5.4.3.3.3	Größenvergleich	83
5.4.3.4	Fisteln	85
5.4.3.4.1	Patientenbezogene Auswertung	85

5.4.3.4.2	Segmentbezogene Auswertung	89
5.4.3.4.3	Vergleich der gemeinsam detektierten Fisteln	90
5.4.3.5	Lokoregionäre Lymphknoten	91
5.4.3.5.1	Patientenbezogene Auswertung ohne Berücksichtigung der Lokalisation 91	
5.4.3.5.2	Größenvergleich	92
5.4.3.6	„Creeping fat“ und „Comb sign“	93
5.4.3.6.1	Patientenbezogene Auswertung	93
5.4.3.7	Konglomerattumor	94
5.4.3.7.1	Patientenbezogene Auswertung	94
5.4.3.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	95
6	Diskussion.....	101
6.1	Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen.....	101
6.2	Vergleichbare Studien in der Literatur	105
6.3	Kritik der Studie.....	111
6.4	Realitätsbezug: Umsetzung der Forderung in den Praxisalltag	113
6.5	Leitlinien	115
6.5.1	Colitis ulcerosa.....	115
6.5.1.1	Deutsche Leitlinien zur Diagnostik und Therapie der Colitis ulcerosa	115
6.5.1.1.1	Sonographie.....	115
6.5.1.1.2	MRT	115
6.5.1.2	Europäische Leitlinien.....	116
6.5.1.2.1	Sonographie.....	116
6.5.1.2.2	MRT	116
6.5.2	Morbus Crohn	117
6.5.2.1	Deutsche Leitlinien zur Diagnostik und Therapie des M. Crohn.....	117
6.5.2.1.1	Sonographie.....	117
6.5.2.1.2	MRT	118
7	Zusammenfassung.....	119
8	Abkürzungsverzeichnis.....	121
9	Abbildungsverzeichnis	122
10	Tabellenverzeichnis.....	123
11	Literaturverzeichnis.....	125
12	Danksagung	131
13	Lebenslauf.....	132
14	Erklärung.....	133

1 Abstrakt

Zielsetzung: Vergleich von hochauflösenden Darmultraschalluntersuchungen (US) mit Magnet-Resonanz-Enterographie (MRE) zur Diagnostik bei Patienten mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen (CED) in der Alltagsroutine.

Studiendesign: Retrospektive Studie

Patientenkollektiv: Insgesamt 250 Fallvergleiche von 207 Patienten mit gesicherter Diagnose einer CED (175 Morbus Crohn, 32 Colitis ulcerosa), die innerhalb von 14 Tagen eine hochauflösende Darmultraschalluntersuchung sowie eine MR-Enterographie erhielten.

Ergebnisse: Es erfolgte eine segmentbezogene sowie eine patientenbezogene Auswertung der 250 Fälle für die Kategorien „pathologische Darmwandveränderungen“, „Stenosen“, „Abszesse“, „Fisteln“, „lokoregionäre Lymphknoten“, „Creeping fat / Comb sign“ und „Konglomerattumor“.

Alle Ergebnisse basieren auf der Hypothese, dass jede beschriebene Pathologie - sei es durch die Sonographie oder durch die MR-Enterographie – real ist, da auf einen Goldstandard zur Erlangung eines ausreichend großen Patientenkollektivs verzichtet werden musste.

Von therapeutischer Relevanz in der **patientenbezogenen Auswertung** sind die Fälle mit in einer Modalität nachgewiesener Pathologie, die durch die Gegenmodalität nicht erkannt wurden. Diese nicht erkannten Fälle belaufen sich in der Kategorie „Darmwandveränderungen“ auf 38 (15,2%) Fälle durch die Sonographie gegenüber 28 (11,2%) nicht beschriebenen Darmwandveränderungen durch die MRT (nicht signifikant). Die entsprechenden Werte (US vs. MRT) für die übrigen Kategorien liegen bei 72 (28,8%) vs. 8 (3,2%) für Stenosen (hochsignifikant), 16 (6,4%) vs. 4 (1,6%) für Abszesse (signifikant), 32 (12,8%) vs. 2 (0,8%) für Fisteln (hochsignifikant), 44 (17,6%) vs. 15 (6,0%) für lokoregionäre LK, 60 (24,0%) vs. 4 (1,6%) für „Creeping fat / Comb sign“ und 10 (4,0%) vs. 11 (4,4%) für Konglomerattumor (nicht signifikant).

Auch in der **segmentbezogenen Auswertung** entgingen mehr pathologische Befunde dem sonographischen Nachweis gegenüber der MRE (außer Kategorie „Konglomerattumor“). Von insgesamt 673 pathologischen Darmwandveränderungen wurden 268 (39,8%) durch die Sonographie übersehen gegenüber 234 (34,8%) durch die MRT. Von 167 detektierten Stenosen wurden 135 (80,8%) sonographisch und 19 (11,4%) MR-tomographisch nicht erkannt, von 41 Abszessen 23 (56,1%) durch US und 12 (29,3%) durch MRT nicht detektiert, von 44 Fisteln 36 (81,8%) durch US und 4 (9,1%) durch MRT übersehen, von 63 lokoregionären LK 44 (69,8%) durch US und 15 (23,8%) durch MRT nicht detektiert, von 68 Fällen mit „Creeping fat / Comb sign“ 60 (88,2%) durch US und 4 (5,9%) durch MRT nicht erkannt und schließlich von 24 Konglomerattumoren 10 (41,7%) durch US und 11 (45,8%) durch MRT nicht beschrieben.

In der Kategorie Darmwandveränderungen fallen die sonographischen Befunde überwiegend deskriptiv ohne Wertung aus. Es mangelt häufig an einer Quantifizierung beschriebener Pathologien in beiden Modalitäten. In 72 Fällen entgingen der Sonographie aufgrund der schwer einsehbaren Region des kleinen Beckens die im MRT beschriebenen Pathologien.

Falls eine chirurgische Therapie geplant ist, überzeugt die MRT gegenüber dem Ultraschall in der genaueren Lokalisationsdiagnostik pathologischer Veränderungen. Die Erfahrung des Untersuchers in der Sonographie erklärt zum Teil die divergierenden Ergebnisse in den Kategorien „Darmwandveränderungen“, „Stenosen“ und „Fisteln“.

Schlussfolgerung: Anhand der gewonnenen Ergebnisse lässt sich folgern, dass auf die MR-Enterographie als objektive Bildgebung zur vollständigen Beurteilung des Abdomens bei CED-Patienten nicht verzichtet werden sollte. Dies gilt gleichermaßen für die Abklärung von Darmwandveränderungen, Stenosen, Abszessen und Fisteln und steht z.T. im Widerspruch zu den Ergebnissen bisher vorliegender prospektiver Studien, die die Überlegenheit der in spezialisierten Zentren durchgeführten Sonographie gegenüber der MRE zeigten. Inwieweit dieser Forderung nachgekommen werden kann, bleibt auch unter ökonomischen Gründen zu diskutieren und bedarf weiterer Studien zu diesem Thema.

Stichworte: MRT, MR-Enterographie, Sonographie, CED, Morbus Crohn, Colitis ulcerosa, Stenose, Abszess, Fistel, Creeping fat, Comb sign, Konglomerattumor

2 Einleitung und Grundlagen

Zu den chronisch entzündlichen Darmerkrankungen (CED) zählen der Morbus Crohn und die Colitis ulcerosa. Gelingt keine sichere Unterscheidung zwischen den beiden Hauptformen, spricht man von Colitis indeterminata.

2.1 Epidemiologie und Ätiologie der CED

Bezüglich der Ätiologie der CED nimmt man einen multifaktoriellen Ansatz an, bei dem neben Umweltfaktoren zum Teil genetische Faktoren mit einfließen.

Bei einer weltweiten Inzidenzrate von 0,5-24,5/100 000 Einwohnern für Colitis ulcerosa und 0,1-16/100 000 Einwohnern für M. Crohn besteht eine große geographische Variabilität mit der höchsten Inzidenz in Nord- und Westeuropa sowie Nordamerika, wohingegen in Afrika, Südamerika und Asien die niedrigste Inzidenz beschrieben wird. Letztgenannte Regionen berichten neuerdings über eine zunehmende Inzidenz, wohingegen sich die Zahlen für M. Crohn in Westeuropa und Nordamerika zurzeit stabilisieren und für die Colitis ulcerosa sogar wieder fallen [30].

Eine aktuelle Zwillingsstudie bestätigte die genetische Prädisposition als Ursache einer chronisch entzündlichen Darmerkrankung, wobei ein stärkerer genetischer Einfluss bei M. Crohn (35% Konkordanz bei eineiigen versus 3% bei zweieiigen Zwillingen) gegenüber Colitis ulcerosa (16% Konkordanz bei eineiigen versus 2% bei zweieiigen Zwillingen) besteht und deutet aufgrund der relativ geringen Raten auf die wichtige Rolle von Umweltfaktoren hin [68]. Nikotinkonsum und Appendektomie sind als Risikofaktoren für M. Crohn belegt, demgegenüber stellen sie protektive Faktoren für Colitis ulcerosa dar. Darüberhinaus wurden unzählige weitere Umweltfaktoren untersucht wie Infektionen (z.B. atypische Mykobakterien), Ernährung, Medikamente (z.B. orale Kontrazeptiva und Antibiotika), Stress und sozialer Status [26]. Auf genetischer Seite erkannte man bei M. Crohn beispielsweise die NOD2-Mutation (CARD 15 Gen), die zu Defekten des Immunsystems führt [58].

Die höchste altersspezifische Inzidenz liegt bei den 20-34-Jährigen für Colitis ulcerosa, wobei bei 15-40% der Patienten die ersten Symptome bereits vor dem 20. Lebensjahr auftreten [20]. Das Manifestationsalter bei M. Crohn wird im Mittel mit 30 Jahren angegeben [69]. Bezüglich der Geschlechterverteilung ergibt sich eine schwache Überlegenheit der Männer bezüglich Colitis ulcerosa und der Frauen bezüglich M. Crohn.

2.2 Klinik

Während sich die Colitis ulcerosa auf das Kolon und das Rektum mit kontinuierlicher Ausbreitung beschränkt, kann der M. Crohn mit diskontinuierlichem Befallsmuster den gesamten Verdauungstrakt betreffen. Die folgenden Grafiken veranschaulichen die prozentuale Verteilung der einzelnen Darmabschnitte bei beiden Krankheitsbildern.

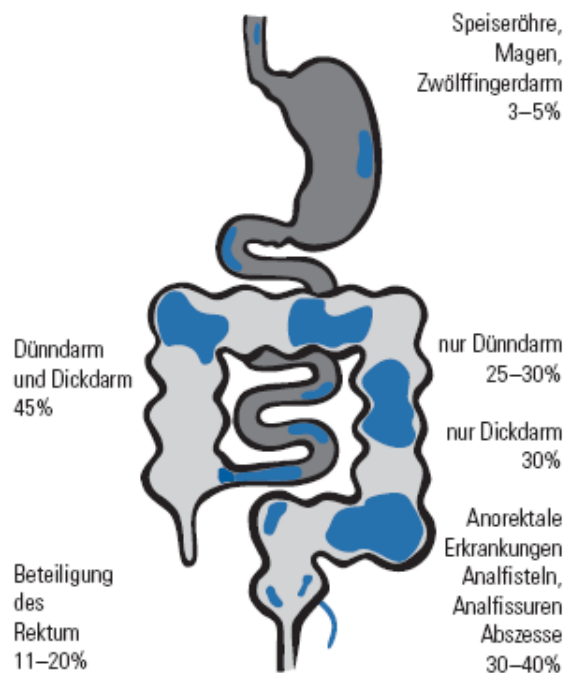


Abb. 1: Morbus Crohn – Befallsmuster [3]

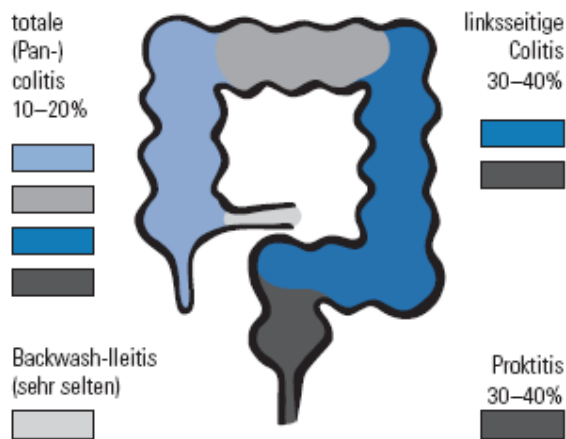


Abb. 2: Colitis ulcerosa –Befallsmuster [3]

Typische Symptome der Erstmanifestation bei M. Crohn sind Müdigkeit, Gewichtsverlust, Schmerzen im rechten Unterbauch und Durchfälle. Letztgenannte können auch fehlen und sind i.d.R. nicht blutig. Zusätzlich können Fieber, Anorexie, Übelkeit und Erbrechen bestehen. Hinzu kommen die Symptome eines Malabsorptionssyndroms. Die Colitis ulcerosa beginnt oft schleichend und weist meist blutig-schleimige Stuhlbeimengungen auf. Durch den Befall des Rektums treten häufig Tenesmen auf [16].

Extraintestinale Manifestationen überwiegen beim M. Crohn und können den intestinalen Symptomen zeitlich vorausgehen [5]. Ca. 36% der CED-Patienten entwickeln mindestens eine extraintestinale Manifestation im Verlauf ihrer Erkrankung. Hierzu zählen unter anderem Manifestationen an der Haut (Erythema nodosum, Pyoderma gangraenosum), den Augen (Iridozyklitis, Uveitis), den Gelenken (Mon- oder Oligoarthritis, Spondylitis enteropathica, ankylosierende Spondylitis), dem Gallensystem (primär sklerosierende Cholangitis, Pericholangitis, Cholezystolithiasis) und am Urogenitaltrakt (Harnwegsinfekte durch enterovesikale Fistelbildung, Oxalatsteine durch enterale Hyperoxalurie) [16].

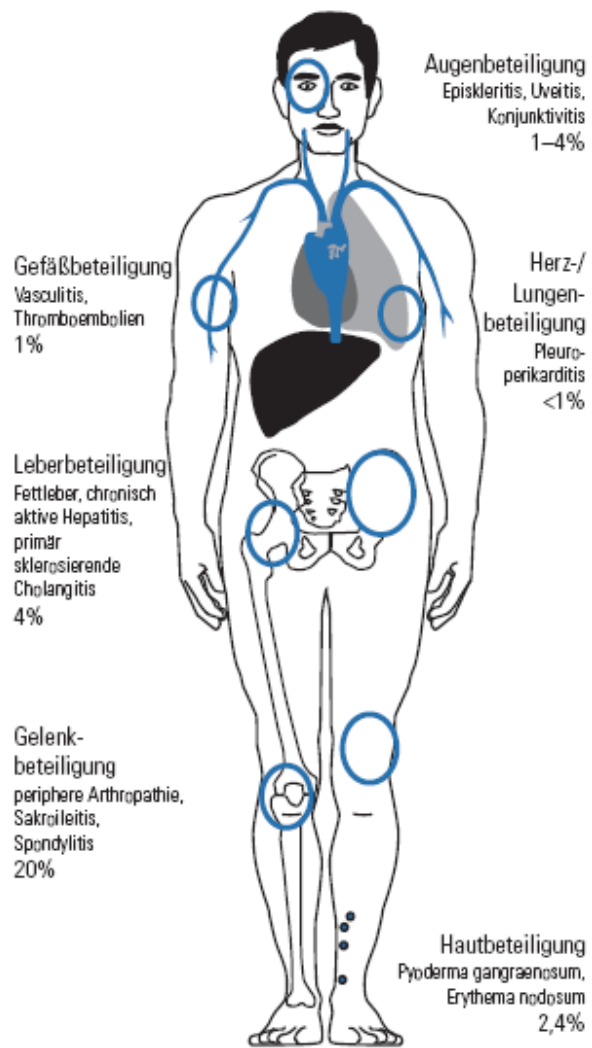


Abb. 3: CED – Extraintestinale Manifestationen [3]

Im Verlauf der Erkrankung kann es zu folgenden Komplikationen kommen: mechanischer Ileus aufgrund einer Stenose, Ausbildung von Fisteln bzw. Fistelsystemen in den unterschiedlichsten Varianten (kutan, enteroenterisch, enterovesikal, enterovaginal, perianal, rektal), toxisches Megacolon (insbesondere bei Colitis ulcerosa mit Ausbildung eines septischen Krankheitsbildes) mit erhöhter Gefahr einer Perforation, Abszess, ausgeprägter perianaler Blutabgang und langfristig zur Ausbildung maligner Neoplasien (sowohl Dünndarmkarzinome bei M. Crohn als auch kolorektale Karzinome bei beiden Formen der CED).

Ein nicht zu unterschätzendes Risiko bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen stellt das Risiko für ein kolorektales Karzinom dar, das für bis zu 1/6 der Todesfälle bei CED verantwortlich ist [56]. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über das steigende Risiko je nach Erkrankungsdauer und Ausdehnung der Entzündung sowie zusätzlich vorliegender primär sklerosierender Cholangitis.

Risikofaktor	Relatives Risiko für die Entstehung eines kolorektalen Karzinoms (Risikofaktor im Verhältnis zur Normalbevölkerung)
Colitis ulcerosa	
Befallsmuster:	
- Proktitis	1,7
- Linksseiten-Colitis	2,8
- Pancolitis	14,8
Langjährige Colitis (>8 Jahre)	5-19
- 10 Jahre	2,1
- 20 Jahre	8,5
- 30 Jahre	17,8
Primär sklerosierende Cholangitis	9-18
Positive Familienanamnese für kolorektales Karzinom	2,3
Morbus Crohn	
Colitis Crohn	1-5,6

Tab. 1: Risikofaktoren für die Karzinomentstehung bei CED [56]

Aufgrund eines erhöhten Risikos für ein kolorektales Karzinom bei langjähriger Colitis ulcerosa und M. Crohn mit Kolonbefall gelten in Deutschland folgende Empfehlungen zur Überwachung bzw. Früherkennung von Colitis-assoziierten Neoplasien [56]: jährliche Endoskopie nach einem 8-jährigen Verlauf einer (sub)totalen Colitis ulcerosa sowie nach einem 15-jährigen Verlauf bei einer Linksseiten-Colitis mit Entnahme von jeweils 4 Kolonbiopsien in 10cm Abständen aus allen Kolonabschnitten. Zusätzlich wird jedes suspekte Areal separat biopsiert. Ab Diagnosestellung einer primär sklerosierenden Cholangitis ist eine jährliche Überwachungskoloskopie vertretbar [19].

Eine sehr hohe Zahl an Patienten (17-28%) entwickelte in einer Studie mit 149 Patienten in den Niederlanden ein kolorektales Karzinom, noch bevor der offizielle Zeitpunkt des Beginns der koloskopischen Nachsorge nach den amerikanischen bzw. britischen Leitlinien zur Tumervorsorge erreicht war. Diese sehen ein Intervall von 8-10 Jahren bei extensiver Colitis bzw. von 15-20 Jahren bei Linksseiten-Colitis vor [32] und sind damit, ebenso wie die deutschen Leitlinien, die ein ähnliches zeitliches Regime vorsehen [20], kritisch zu hinterfragen.

Die sehr variablen Verlaufsformen der CED drücken sich in Form von langfristigen Remissionen nach einmaligem akuten Schub bis hin zum Übergang in eine chronische, therapierefraktäre Form aus. Die Erscheinungsformen zwischen beiden Extremen sind vielschichtig.

2.3 Diagnostik

Die Diagnose einer chronisch entzündlichen Darmerkrankung stützt sich nicht allein auf eine einzige Untersuchung als Goldstandard, sondern kann nur in Zusammenschau der klinischen Konstellation, der Kombination aus endoskopischen, histologischen und radiologischen Befunden sowie ergänzenden laborchemischen Untersuchungen gestellt werden [19][70].

2.3.1 Labor und Mikrobiologie

Der Nutzen von verschiedensten Laborparametern bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen wurde in vielerlei Hinsicht untersucht: zur Beurteilung der Krankheitsaktivität, zu differentialdiagnostischen Überlegungen, zur Risikoabschätzung bezüglich Komplikationen, als Vorhersagewert für einen Rückfall und zur Überwachung einer eingeleiteten Therapie. Als aussagefähigster Parameter hat sich hierbei das C-reaktive Protein (CRP) herausgestellt. Bei Patienten mit M. Crohn besteht eine gute Korrelation zwischen CRP und Entzündungsaktivität, jedoch ist diese Beziehung bei Patienten mit Colitis ulcerosa schwächer ausgeprägt. Weitere Parameter (z.B. Blutsenkungsgeschwindigkeit, Leukozyten, Albumin, 1-saures Glykoprotein) wurden weniger ausführlich erforscht bzw. zeigten verglichen mit CRP schlechtere Korrelationen [75]. Dennoch bleibt festzuhalten, dass CRP keinerlei Wert in der Differentialdiagnose bei CED besitzt und weder für M. Crohn noch für Colitis ulcerosa spezifisch ist [19].

Die Abnahme des Blutbildes deckt infektiöse Komplikationen (Leukozyten) und Mangelerscheinungen (MCV, MCH) auf. Nur bei Verdacht auf Mangelzustände (Vitamine, Spurenelemente) sollte bei M. Crohn eine ergänzende Labordiagnostik erfolgen.

Der Nutzen der Bestimmung von Gamma-GT und AP besteht in der Erkennung einer primär sklerosierenden Cholangitis. Eine Antikörperdiagnostik (pANCA, ASCA, PAB) kommt allenfalls bei Vorliegen einer Colitis indeterminata in Betracht.

Vielversprechende Ergebnisse liegen in der Stuhldiagnostik für Calprotectin und Lactoferrin vor [64]. Calprotectin korreliert gut mit der Entzündungsaktivität im Darm insbesondere bei Colitis ulcerosa (geringer ausgeprägt auch bei M. Crohn) [75], jedoch erlauben diese Parameter keine Differenzierung von CED gegenüber infektiösen Enteritiden. Diese sollten bei entsprechendem Verdacht mittels Stuhlkultur und Stuhluntersuchung gesondert ausgeschlossen werden. Bei immunsupprimierten Patienten muss auch an eine CMV oder Clostridium difficile Colitis (hier insbesondere nach antibiotischer Therapie) gedacht werden [28].

2.3.2 Bildgebung

Im Folgenden werden die verschiedenen Techniken vorgestellt und hinsichtlich ihres Risiko-Nutzen-Verhältnisses diskutiert. Folgende Punkte müssen besonders berücksichtigt werden:

1. Das junge Alter der Patienten und die meist lebenslang notwendigen Folgeuntersuchungen (Strahlenexposition, Durchführbarkeit)
2. Gewinn therapierelevanter Informationen mit Erfassung der intra- sowie extramuralen Manifestationen
3. Verfügbarkeit und Kosten
4. Sensitivität und Spezifität der einzelnen Verfahren
5. Stellenwert und aktuelle Leitlinien (welche Methode zuerst?)

Eine Gliederung der meist gebräuchlichen bildgebenden Verfahren ist in nachfolgender Tabelle ersichtlich.

Durchleuchtungsverfahren	Endoskopische Verfahren	Schnittbildgebende Verfahren
Abdomenübersichtsaufnahme	Ileokoloskopie	Sonographie
konventionelles Enteroklysma	Sigmoideoskopie/Rektoskopie	MR-Enterographie/-Enteroklysma
Magen-Darm-Passage	Ösophagogastroduodenoskopie	CT-Enterographie/-Enteroklysma
Kolonkontrasteinlauf	Videokapselendoskopie	MR-Kolographie
Spezielle Indikationen	Doppelballonendoskopie	CT-Kolographie
	Färbeverfahren	

Tab. 2: Bildgebende Verfahren im Überblick

2.3.2.1 Durchleuchtungsverfahren

2.3.2.1.1 Abdomenübersichtsaufnahme

Die Rolle der Abdomenübersichtsaufnahme besteht ausschließlich in der Detektion von Komplikationen, so z.B. der Erkennung eines Ileus aufgrund einer Stenose oder der Nachweis freier abdomineller Luft als Hinweis auf eine Darmperforation. Als seltene Komplikation einer Colitis ulcerosa lässt sich ein toxisches Megacolon veranschaulichen.

2.3.2.1.2 Konventionelles Enteroklysma (Dünndarm-Doppelkontrast-Untersuchung nach Sellink)

Bei der Dünndarmuntersuchung nach Sellink erfolgt eine antegrade Kontrastierung über eine nasojejunale Sonde, in die ca. 250 bis 300 ml Bariumsulfat-Suspension sowie bis zu 2000 ml Methylzellulose-Lösung appliziert werden, um einen Doppelkontrast zu erhalten. Die optimale Patientenvorbereitung sieht neben einer Nüchternheit über mindestens 6 Stunden idealerweise auch abführende Maßnahmen vor. Je nach Motilität des Darmes kann gegebenenfalls ein Parasympatholytikum (z.B. Butylscopolamin) oder aber ein Prokinetikum (z.B. Metoclopramid) i.v. verabreicht werden. Die abschnittsweise Dokumentation des Dünndarms erfolgt mittels Röntgenaufnahmen unter Durchleuchtungskontrolle. Die Strahlenexposition mit einer mittleren effektiven Dosis von 15mSv [12] fällt hierbei als Nachteil bei der Untersuchung des meist jungen Patientenkollektivs ins Gewicht.

Bei einem mittleren Flächendosisprodukt von $4945 \text{ cGy} \cdot \text{cm}^2$ und mittlerer Fluoroskopiezeit von 17min 10sec bei Verwendung der digitalen Technik gegenüber $7515 \text{ cGy} \cdot \text{cm}^2$ und 9min 43sec bei konventioneller analoger Technik sollte die digitale Fluoroskopie bevorzugt werden [33].

Weitere Nachteile sind in der Invasivität durch das Positionieren einer nasojejunale Sonde und damit der geringen Patientenakzeptanz zu sehen. Eine Untersuchungsdauer von mindestens einer halben Stunde und die starke Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers sind weitere Nachteile. Darüberhinaus bestehen spezielle Kontraindikationen für die Applikation des wasserunlöslichen Bariums bei geplanten operativen Eingriffen sowie bei Verdacht auf das Vorliegen einer Perforation oder eines mechanischen Ileus. Als Alternative finden in diesen Fällen wasserlösliche Kontrastmittel, z.B. Gastrografin, Anwendung. Als entscheidender Vorteil hervorzuheben ist die höhere Sensitivität für Oberflächenveränderungen im Vergleich zur Sonographie, die jedoch nicht die Sensitivität der Videokapsel- sowie der Doppelballonendoskopie erreicht [22]. Bezüglich der Beurteilbarkeit eines trans- und extramukosalen Befalls schneidet das konventionelle Enteroklysma im Vergleich zu den anderen Verfahren deutlich schlechter ab. So ist zum Beispiel ein Abszess bei entsprechender Größe nur anhand indirekter Zeichen wie der Verdrängung von Darmschlingen allenfalls zu vermuten.

Enterische Fisteln können hingegen im Rahmen des konventionellen Enteroklysmas detektiert werden. Zuletzt sei noch als Vorteil die funktionelle Beurteilung der Darmmotilität genannt, mit der sich geringgradige Stenosen anhand einer entstehenden Passagestörungen nachweisen lassen und von funktionellen Lumeneinengungen i.R.d. Peristaltik differenziert werden können.

2.3.2.1.3 Magen-Darm-Passage

Falls die Anlage einer nasojejunalen Sonde nicht möglich ist (z.B. aufgrund spezieller anatomischer Gegebenheiten oder bei fehlender Patiententoleranz), kann die Darstellung einer fraktionierten Dünndarmpassage mit direkter oraler Kontrastmittelapplikation erfolgen. Neben dem Vorteil der besseren Patientenakzeptanz und einer geringeren Strahlenexposition und damit verbundener Kosten- und Zeitersparnis gegenüber dem konventionellen Enteroklysma hat diese Methode durch die zusätzliche Beurteilung des Magens sowie des Duodenums gewisse Vorteile. Saibeni et. al berichten von einer vergleichbaren Sensitivität (85-95%) und Spezifität (89-94%) bezüglich der Detektion M. Crohn-typischer Läsionen in der Hand eines erfahrenen Untersuchers im Vergleich zum konventionellen Enteroklysma [53]. Dennoch ist von einer geringeren Distension des Darmlumens insbesondere der proximalen Dünndarmschlingen auszugehen. In Analogie zur vorher vorgestellten Methode stellt die fehlende Beurteilung extramuraler Manifestationen den Hauptnachteil dar. Während in Deutschland diese Technik in der Darstellung des Dünndarms als obsolet gilt, wird die Magen-Darm-Passage („Follow-through“) in den USA angewandt [2]. Sogar in den aktuellen amerikanischen Leitlinien des American College of Radiology wird die Methode mit einem Rangpunktwert von 7 bei maximal 9 Punkten in der Diagnostik bei Patienten mit Verdacht auf M. Crohn bewertet.

2.3.2.1.4 Bariumkontrastuntersuchung des Kolon

Zur detaillierten Beurteilung der Dickdarmschleimhaut erfolgt hierzu ein retrograder Kontrastmitteleinlauf in Mono- oder Doppelkontrasttechnik (Bariumsulfat + Luftinsufflation) nach entsprechenden abführenden Maßnahmen. Gegebenenfalls bedarf es der Gabe eines Spasmolytikums (z.B. Butylscopolamin) zur Ruhigstellung der Darmperistaltik. Die Abklärung des Kolons ist Domäne der Endoskopie. In Fällen mit endoskopisch nicht passierbarer Stenose bei Patienten mit M. Crohn gehört die Doppelkontrastuntersuchung neben dem transabdominellen Ultraschall zu den etablierten Methoden der Wahl. Alternativ kann in solchen Fällen der Einsatz virtuell-endoskopischer Techniken wie der CT- oder MR-Kolographie erwogen werden [19].

2.3.2.1.5 Spezielle Indikationen

Als Beispiel für durchleuchtungsgezielte, spezielle Untersuchungen sei die Drainagendarstellung genannt, um hier die Größenprogredienz/-regredienz einer Abszesshöhle vor Drainagenentfernung oder die Frage nach möglichen, von einem Abszess ausgehenden Fisteln zu klären. Desweiteren spielt in unserem Institut die Darstellung des abführenden Schenkels vor Ileostomarückverlagerung zur Beurteilung von Stenosen und der Kontinenz noch eine Rolle.

2.3.2.2 Endoskopische Verfahren

2.3.2.2.1 Ileokoloskopie

Eine Ileokoloskopie mit Segmentbiopsien ist unabdingbarer Bestandteil der Initialdiagnostik bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen, es sei denn, es handelt sich um eine schwere initiale Colitis ulcerosa. Hier reicht zunächst eine Sigmoidoskopie aus [28].

Die Patientenvorbereitung beinhaltet eine orthograde Darmspülung am Vortag. In der Regel ist eine Sedierung mit der Notwendigkeit der Kreislaufüberwachung z.B. mittels Pulsoximetrie notwendig.

Zum Einsatz kommt ein flexibles, hochauflösendes Videoendoskop, welches bis zum Coecum vorgeschoben wird (nach Möglichkeit mit Sondierung des terminalen Ileums), um nach Luftinsufflation im Rückzug mit der Begutachtung der Schleimhaut zu beginnen.

Eine komplette Koloskopie ist aufgrund folgender Gründe nicht immer möglich: technische Schwierigkeiten, mäßige Patientenvorbereitung, Patientenintoleranz. Die Rate der Sondierung des terminalen Ileums beläuft sich auf 74% durch einen erfahrenen Untersucher. Falls eine Sondierung des terminalen Ileums als notwendig erachtet wird, steigt die Rate auf über 90% [35].

Der Hauptvorteil besteht in der detaillierten Mukosabeurteilung, besonders zur Beurteilung oberflächlicher Erosionen. Radiologische Methoden wie Bariumuntersuchungen oder Computertomographie sind hier im Vergleich unterlegen. Insbesondere hiervon profitieren Patienten mit Colitis ulcerosa, zumal aufgrund des alleinigen Kolonbefalls mit eventuell vorliegender Backwashileitis eine Ileokoloskopie zur Verlaufskontrolle ausreichend ist. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit der Gewebeentnahme sowie die therapeutische Intervention z.B. bei der pneumatischen Dilatation von Stenosen.

Demgegenüber stehen folgende Nachteile: Ein trans- bzw. extramukosaler Befall ist nicht darstellbar. Ebenso beschränkt sich bei erfolgreicher Sondierung des terminalen Ileums die Beurteilung auf die letzten Zentimeter des Dünndarms, so dass ein Dünndarmbefall weiter proximal nicht diagnostiziert werden kann. Bei Vorliegen von unüberwindbaren Stenosen empfiehlt sich eine weitere Abklärung mittels Sonographie, konventionellen Verfahren oder Schnittbildgebung (siehe 2.3.2.1.4), falls der Wechsel auf ein pädiatrisches Gerät ebenso keinen Erfolg verspricht. Seltene Gefahren stellen iatrogene Nebenwirkungen wie z.B. Perforationen (0,12%, [31]) oder Blutungen der Darmschleimhaut dar. Zuletzt sei noch die Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers erwähnt.

Der Stellenwert der Ileokoloskopie zur Karzinomprophylaxe wurde bereits unter Punkt 2.2 ausführlich diskutiert.

Neuere Studien belegen den Nutzen von Zoomendoskopie und Chromoendoskopie in der Detektion von Dysplasien und DALM (DALM = dysplasieassoziierte Läsionen und Massen) [28]. Zu den Färbeverfahren siehe Punkt 2.3.2.2.6.

2.3.2.2.2 Sigmoidoskopie/Rektoskopie

Die endoskopische Untersuchung der distalen 60 cm des Kolons mit einem flexiblen Endoskop bedarf lediglich eines Einlaufs als vorbereitende Maßnahme. Ihre Anwendung findet sie bei Patienten mit einem akuten schweren Schub einer Colitis ulcerosa, bei der eine komplette Ileokoloskopie bezüglich des therapeutischen Prozederes keinen Zusatzgewinn bringt [71], sondern das Perforationsrisiko erhöht.

Die Rektoskopie als endoskopische Untersuchung des Enddarms (ca. 20cm) mit einem starren Gerät sei ergänzend erwähnt. Sie spielt lediglich eine Rolle bei befundbezogenen spezifischen Fragestellungen, z.B. zur Histologiegewinnung bei einer nicht überwindbaren Stenose oder bei der Suche nach perirektalen Fisteln.

2.3.2.2.3 Ösophagogastroduodenoskopie

Eine obere Endoskopie mit Biopsien gehört zur Primärdiagnostik bei jedem Patienten mit Verdacht auf M. Crohn oder Colitis ulcerosa [19][59][28]. Eine Sedierung mit entsprechendem Monitoring ist hierzu unabdingbar. Wie bei allen endoskopischen Verfahren können die üblichen Komplikationen auftreten (Perforation, Blutung etc.).

2.3.2.2.4 Videokapselendoskopie

Diese neuere seit 2001 in den USA von der FDA zugelassene Methode zählt zu den nicht-invasiven endoskopischen Methoden. Sie bietet den Vorteil, ohne Sedierung den gesamten Dünndarm zu erfassen. Dem Schlucken der Videokapsel sollte eine ca. 12-stündige Nüchternheit vorausgehen. An das tragbare Empfängersystem werden zwei Bilder pro Sekunden gesendet [17]. Die Kapsel wird durch die Peristaltik des Darmes voranbewegt und auf natürlichem Weg ausgeschieden. Vorteilhaft erweist sich die einfache Handhabung und Durchführbarkeit, die hohe Patientenakzeptanz sowie die äußerst niedrige Komplikationsrate von insgesamt 0.75% (v.a. Kapselretention). Die Durchführung verbietet sich bei Vorliegen einer Striktur oder Obstruktion, so dass stets eine komplementäre Bildgebung zum Ausschluss von Stenosen vorausgehen sollte. Im Gegensatz zur Ileokoloskopie und der Doppelballonendoskopie ist eine Biopsie bzw. eine therapeutische Intervention nicht möglich. Da die Kamera von außen nicht steuerbar ist und die Möglichkeit der Luftinsufflation oder Spülung zur Verbesserung der Sichtverhältnisse fehlt, können Läsionen aufgrund der Kameraausrichtung und bei stark beschleunigter Transitzeit übersehen werden. Des Weiteren ist die Angabe der exakten Lokalisation einer Läsion erschwert. Die Interpretation des Bildmaterials erfolgt in der Regel durch einen Gastroenterologen und fällt mit einer durchschnittlichen Interpretationsdauer von einer Stunde (0.5-2 Stunden) nachteilig ins Gewicht [35]. Diese relativ kostenintensive Methode profitiert von einer detaillierten Mukosaabbildung zur Detektion oberflächlicher Läsionen sowie fehlender Strahlenexposition. Hingegen gilt auch wie bei den bisher vorgestellten Methoden, dass ein trans- und extramukosaler Befall nicht darstellbar ist. Auch wenn die Methode „viel sieht“, so existiert bisher noch keine klare Definition zwischen Normalbefunden und M. Crohn-typischen Manifestationen.

Einige kleinere Studien konnten zeigen, dass die Diagnose M. Crohn signifikant häufiger mittels Videokapselendoskopie gestellt werden konnte im Vergleich zu konventionellen Bariumuntersuchungen. Letztgenannten entgehen gewöhnlich die subtilen mukosalen

entzündlichen Veränderungen in der Frühphase des M. Crohn [17]. In einer Studie mit 56 Patienten detektierte die Videokapselendoskopie im Vergleich zum CT-Enteroklysma signifikant mehr jejunale und ileale Läsionen (WCE: 25 versus CT: 12), wobei die Differenz primär auf kleinste mukosale Läsionen, aphthoide Ulcera und Erosionen zurückzuführen war [76]. Bei 10 Patienten führte die Diagnose zu einer Therapieänderung. Hingegen bestand kein signifikanter Unterschied in der Detektion von Läsionen im terminalen Ileum (WCE: 24 versus CT: 20). Ihren Stellenwert hat derzeit die Videokapselendoskopie zwar nicht als alternative, zumindest aber als komplementäre Bildgebung bei Patienten mit subtilen Läsionen. Triester et al. [73] kamen in ihrer Metaanalyse an 19 prospektiven Studien zu dem Ergebnis, dass der diagnostische Zusatzgewinn der Videokapselendoskopie bei Patienten mit M. Crohn mit Dünndarmbefall im Vergleich zu Bariumuntersuchungen bei 40% liegt, gegenüber der Ileokoloskopie bei 15%, verglichen mit CT und Push-Enteroskopie bei jeweils 38% und gegenüber der MRT bei 22%. Jedoch wird betont, dass letztendlich der wahre Benefit gegenüber den alternativen Methoden unklar bleibt, da die eingeschlossenen Studien nur sehr kleine Patientenkollektive aufweisen und die Definition von mittels Videokapselendoskopie detektierten Läsionen variiert.

2.3.2.2.5 Doppelballonendoskopie

Dieses endoskopische Verfahren bedient sich eines Endoskops sowie eines Übertubus mit jeweils einem aufblasbaren Ballon an ihrer Spitze, auf die der Dünndarm nach der Push-and-Pull-Methode aufgefädelt wird. Durch Anwendung der Methode sowohl über einen oralen als auch einen analen Zugangsweg kann so der komplette Dünndarm untersucht werden. Je nach Zugangsweg bedarf es einer Nüchternheit von mindestens sechs Stunden und/oder abführender Maßnahmen. Eine Sedierung ist auch hier zwingend notwendig. Der entscheidende Vorteil gegenüber der Videokapselendoskopie besteht in der Möglichkeit, Gewebeproben zu entnehmen und therapeutisch befundbezogen lokal eingreifen zu können (Dilatation von Stenosen, Blutstillung). Die Methode weist eine hohe Sensitivität für Oberflächenveränderungen auf, versagt jedoch auch sie bei der Beurteilung eines trans-/extramukosalen Befalls. Dieses sehr zeitaufwändige Verfahren findet nur in spezialisierten Zentren Anwendung. Sie ist als ergänzende Methode zur Kapselendoskopie zu betrachten, mit der bei gezielter Fragestellung ein Dünndarmbefund histologisch abgeklärt und einer nicht-chirurgischen Therapie zugeführt werden kann.

Eine nach ähnlichem Prinzip funktionierende Methode stellt die Single-Ballon-Enteroskopie dar, bei der das Auffädeln des Dünndarms mittels einer abgewinkelten Endoskopspitze anstelle eines zweiten Ballons gelingt.

Weitere enteroskopische Methoden zur Dünndarmdiagnostik bieten sich aufgrund des eingeschränkten Sichtbereichs (Push-Enteroskopie: im Mittel 70 cm des Jejunums, [63]) oder aber aufgrund der Invasivität (intraoperative Enteroskopie) nicht mehr an [4].

2.3.2.2.6 Färbeverfahren

Unter Chromoendoskopie versteht man ein endoskopisches Verfahren mit Anfärbung der Darmschleimhaut z.B. mittels Methylenblau oder Indigokarmin, um die Empfindlichkeit bezüglich intraepithelialer Neoplasien zu erhöhen. Die endoskopisch-histologische Einteilung anhand des Grübchen- und Faltenmusters in 5 Typen (Pit-Pattern-Klassifikation) dient der endoskopischen Einschätzung der Dignität suspekter Läsionen [27]. In Kombination mit der

Zoom- bzw. Magnifikationsendoskopie wird dieser Effekt erhöht. Dies konnte in einer Studie von Kiessling et al. bei Colitiserkrankten gezeigt werden [27]. Vorteilhaft erweist sich die einfache Durchführbarkeit der Färbemethoden sowie die Möglichkeit zur gezielten Biopsie mit entsprechender Reduktion der Biopsiezahl.

Das Narrow Band Imaging (NBI) ist eine den Endoskopen zuschaltbare Technologie, um durch Fokussierung des Lichtspektrums (Farbfiltertechnik) eine verbesserte Darstellung der Oberflächenstruktur zu erreichen. Eine Studie konnte zwar bei Patienten mit langwieriger Colitis ulcerosa mehr suspekte Läsionen mithilfe NBI detektieren, die Sensitivität des NBI zur Detektion von Neoplasien schien jedoch bei den 42 untersuchten Patienten vergleichbar mit der konventionellen Koloskopie [9].

Die konfokale Laserscanning-Mikroskopie (optische Auflösung: Faktor 1000) ermöglicht eine Darstellung oberflächlicher Zellstrukturen i.S.e. in-vivo-Mikroskopie während der Endoskopie. Man verspricht sich eine erhöhte Detektion von Neoplasien auf der Grundlage einer Colitis ulcerosa. Diesbezüglich konnte eine prospektive Studie die Überlegenheit der konfokalen chromoskopisch gestützten Endomikroskopie gegenüber alleiniger Chromoskopie zeigen [24]. Die starke Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers, die aufwändige Technologie und die Verlängerung der Untersuchungszeit führen zu einem bisher eingeschränkten Einsatz dieser Methoden [43].

2.3.2.3 Schnittbildgebung

2.3.2.3.1 Sonographie

Die Sonographie erfreut sich einer sehr hohen Patientenakzeptanz, ist ubiquitär verfügbar, kostengünstig und bietet gegenüber den bisher aufgelisteten Verfahren den entscheidenden Vorteil, einen trans- bzw. extramukosalen Befall bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen darstellen zu können. Das beinhaltet die Darstellung der Darmwand sowie von Abszessen, Fisteln, freier Flüssigkeit, Lymphknotenstatus sowie der abdominalen Gefäßversorgung. Ein weiterer Informationsgewinn gelingt mittels funktioneller Untersuchungen. Hierdurch kann eine Passagebehinderung anhand der Peristaltik und die Darmwandperfusion anhand einer Blutflussuntersuchung ermittelt werden.

Zur abdominalen Sonographie werden hochauflösende Schallköpfe (bevorzugt 7,5 MHz) im Real-time-Verfahren eingesetzt. Die physikalische Grundlage dieser Methode beruht auf dem piezoelektrischen Effekt. Aufgrund der fehlenden Strahlenexposition ist die Sonographie auch bei Kindern und Schwangeren bedenkenlos einsetzbar. Zur Reduktion der Peristaltik und von Darmgas empfiehlt sich eine Nüchternheit von mindestens 6 Stunden.

Bisher wurden mehrere Unterformen der Sonographie in der Diagnostik chronisch entzündlicher Darmerkrankungen beschrieben:

- Konventionelle transabdominelle Sonographie (TUS)
- (Power-)Dopplersonographie
- i.v. Kontrastmittelgestützte Sonographie (CEUS)
- Sonographie mit oraler Kontrastierung (SICUS)
- Transkutane perianale Sonographie (PAUS)
- Ultraschall-Enteroklysm
- Endosonographie

Die Nutzung der konventionellen Sonographie zur Untersuchung des Darms kam erst in den 70er Jahren auf. Eine Studie an 20 M. Crohn Patienten [21] beschrieb zwar die Unterlegenheit in Spezifität und Detailgenauigkeit gegenüber der konventionellen Radiologie, bewertete jedoch die Sonographie als ergänzende hilfreiche Methode in der Beurteilung befallener Darmsegmente und Abszesse und hob die fehlende Strahlenexposition bei dem meist jungen Patientenkollektiv hervor. Mit zunehmender Weiterentwicklung der Technologie sehen mittlerweile die aktuellen deutschen M. Crohn Leitlinien 2007 [19] den hochauflösenden transabdominellen Ultraschall als Basisuntersuchung zur Etablierung der Diagnose an und favorisieren seine Durchführung als primäres Instrument in der Dünndarmdiagnostik noch vor der MRT-Untersuchung des Dünndarms.

In der Literatur wird die Sensitivität und Spezifität bezüglich der Diagnosestellung eines M. Crohn mit 75-94% und 67-100% angegeben [13]. Bei bereits diagnostizierter CED werden noch höhere Werte bzgl. der Sensitivität angegeben, was sicherlich z.T. auf die erhöhte Erwartungshaltung zurückzuführen ist.

Jedoch sind der Sonographie im Vergleich zu den beiden anderen schnittbildgebenden Verfahren (CT und MRT) auch Grenzen gesetzt: ausgeprägte Adipositas und Meteorismus schränken stark die Aussagekraft der Methode ein. Limitationen bestehen auch in der Beurteilung des Duodenums, des Jejunums und vor allem im Bereich des schwer einsehbaren Rektums sowie des distalen Sigmas [22]. Hinzu kommt die starke Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers.

Die (Power)Dopplersonographie kann zum Einen zur Beurteilung des Blutflusses in der Arteria mesenteria superior eingesetzt werden, zum Anderen zur Beurteilung der Vaskularisation der Darmwand. Eine Korrelation zwischen der Hypervaskularisation der Darmwand und der Entzündungsaktivität bestätigte eine Studie an 79 Patienten mit M. Crohn [10]. Hier zeigte sich zudem eine signifikante Reduktion des Resistance Index (RI) in den Darmwandgefäßen. Hoffnungen ergeben sich zurzeit bei Verwendung von i.v. Kontrastmittel (z.B. Levovist oder Sonovue) zur Differenzierung zwischen fibrotischen und inflammatorischen Strikturen sowie zur besseren Differenzierung intraabdomineller phlegmonöser Entzündungen von Abszessen [36]. Bezüglich der Blutflussmessung der Arteria mesenteria superior ergeben sich unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Korrelation mit der Entzündungsaktivität ([6] versus [65]). So überlappen beispielsweise die Messwerte des maximalen Blutflussvolumens(/-geschwindigkeit) bei aktiver und inaktiver Erkrankung. Vergleichbare Untersuchungen wurden in der Arteria mesenteria inferior bei Colitis ulcerosa unternommen mit signifikant höherer Korrelation mit der Krankheitsaktivität. Schließlich könnte der Einsatz der Powerdopplersonographie die Diagnose von intestinalen Fisteln erleichtern [45].

Die transabdominelle Sonographie nach oraler Kontrastierung (SICUS = small intestine contrast ultrasonography), z.B. mittels 500-800ml PEG 3350 zeigte bei Patienten mit M.

Crohn im Vergleich zum konventionellen Enteroklysma vergleichbare Ergebnisse bezüglich anatomischer Lokalisation und Beurteilung der Ausdehnung der Erkrankung. Ebenso lassen sich hierdurch Strikturen im Vergleich zum konventionellen Ultraschall signifikant häufiger detektieren. Zudem führt die orale Kontrastierung zu einer Reduktion der Interobserver-Variabilität zwischen verschiedenen Untersuchern bezüglich der Übereinstimmung in Darmwandverdickung und Erkennung des Befalls des Dünndarms [46]. Die Anwendung des SICUS durch einen unerfahrenen Untersucher erhöht die diagnostische Sicherheit in der Detektion Morbus-Crohn-typischer Läsionen im Dünndarm gegenüber dem konventionellen Ultraschall durch einen erfahrenen Untersucher [7].

Eine nichtinvasive, kostengünstige Methode zur Detektion und Verlaufskontrolle perianaler Fisteln und Abszesse stellt die transkutane, perianale Sonographie dar (PAUS), die trotz ihrer einfachen Handhabung eine hohe Sensitivität erreicht [77]. Bei Verwendung der endoanalen Sonographie als Referenzmethode weist die transperineale Sonographie in der Klassifikation perianaler und rektovaginaler Fisteln eine Sensitivität von 85% auf und übersieht keinen perianalen Abszess [38].

Desweiteren existieren spezielle Methoden der perianalen Fisteldarstellung, z.B. mittels Applikation von Hydrogenperoxid nach Sondierung der Fistelöffnung [66][37].

Eine weitere Variante der Sonographie stellt das Ultraschall-Enteroklysma dar. In Anlehnung an das konventionelle Enteroklysma erfolgt eine orale Kontrastierung über eine nasojejunale Sonde. Eingesetzt werden sollte dieses Verfahren nur in solchen Fällen, in denen die konventionelle Sonographie unklare Befunde liefert [74].

Als ergänzendes Verfahren zur Endoskopie kann die Endosonographie angesehen werden. Diese Methode findet vorwiegend Anwendung zur Diagnostik und zum Staging gastroenterologischer Tumoren insbesondere des Rektums sowie des oberen GI-Traktes. Bezüglich des Patientenkollektivs mit M. Crohn spielt sie eine Rolle in der Detektion von Analfisteln.

2.3.2.3.2 Computertomographie

Die Computertomographie (CT) stellt unter den Schnittbildverfahren das stabilste, untersucherunabhängige Verfahren dar und ist ubiquitär verfügbar. Mit ihrer technischen Weiterentwicklung zum Multidetektor-CT gelingt die Aquisition eines lückenlosen Volumendatensatzes unter einer Minute Untersuchungszeit, aus dem nachträglich Multiplanare Rekonstruktionen (MPR) in beliebiger Raumbene auf der Grundlage isotroper Voxel errechnet werden können. Die Patientenvorbereitung sieht neben einer Nüchternheit von mindestens sechs Stunden und der Verwendung milder Laxantien eine enterale Kontrastierung vor. Diese kann entweder als „CT-Enteroklysma“ über eine nasojejunale Sonde vergleichbar zum konventionellen Enteroklysma erfolgen oder aber als „CT-Enterographie“, wobei der Patient mindestens zwei Liter orales Kontrastmittel trinkt. Hierbei konnte in einer Arbeit mit 23 Patienten gezeigt werden, dass zwischen beiden vorgestellten Methoden bei Einhaltung eines optimalen Trinkregimes bzw. –menge kein signifikanter Unterschied bezüglich der Lumendistension besteht [78]. Je nach Indikation eignet sich zur enteralen Kontrastierung entweder positives oder neutrales Kontrastmittel besser [29]: Positives, z.B. jodhaltiges Kontrastmittel sollte bei der Fragestellung nach Abszessen oder der Detektion von Fisteln oder einer Perforation primär eingesetzt werden. Hingegen bietet sich neutrales Kontrastmittel wie z.B. Wasser oder Methylcellulose zur besseren

Darmwandbeurteilung an, da so der Kontrast zwischen hypodensem Darminhalt und KM-Enhancement der Darmwand dem Betrachter stärker ins Auge fällt. Außer einer zusätzlichen rektalen Kontrastierung sollte auf eine intravenöse Kontrastmittelgabe mit jodhaltigem, nicht-ionischem Kontrastmittel nicht verzichtet werden. Ein Delay von 50 Sekunden nach KM-Start oder 14 Sekunden nach dem Aortenpeak stellt eine optimale Kontrastierung der Darmwand sicher [22]. Zusätzlich helfen Spasmolytika bei der Differenzierung von funktionellen gegenüber reellen Stenosen. Zusammenfassend profitiert die Computertomographie von ihrer hohen Ortsauflösung, der zusätzlichen Beurteilung extraintestinaler Komplikationen, der fehlenden Untersucherabhängigkeit. Zusätzlich erlaubt die CT die unmittelbare Durchführung von Intervention, z.B. der CT-gesteuerten Anlage einer Drainage zur Abszessentlastung. Den Hauptnachteil stellt die Strahlenexposition mit einer Effektivdosis von 6 bis 28 mSv [25] dar. Im Vergleich zur Magen-Darm-Passage ermittelte Jaffe et al. bei der Multidetektor-Computertomographie eine bis zu fünfmal höhere Organ- und Effektivdosis [25]. Zudem entgehen der Methode insbesondere subtile Schleimhautveränderungen, wie vergleichende Studien bei der Betrachtung der CT gegenüber endoskopischen und konventionellen Methoden belegen konnten [22]. Somit besteht zumindest in Deutschland die Indikation zum CT nur bei Verdacht auf extramurale Komplikationen. Hingegen empfehlen die Leitlinien des American College of Radiology eine CT-Enterographie als Modalität der ersten Wahl schon bei Verdacht auf eine chronisch entzündliche Darmerkrankung und bei akuter Exazerbation bei bekanntem M. Crohn selbst bei Patienten unter 14 Jahren [23]. Zu diesem Schluss kommt auch Paulsen vom College of Medicine der Mayo Clinic (Rochester) mit langjähriger klinischer Erfahrung bei über 700 Patienten [49].

2.3.2.3.3 MRT

Die Magnetresonanztomographie bietet den höchsten Weichteilkontrast unter den Schnittbildtechniken. Durch geeignete Sequenzen lassen sich sehr gut entzündliche Veränderungen darstellen. Vergleichbar zur Computertomographie kann die Untersuchung als MR-Enteroklysma oder als MR-Enterographie durchgeführt werden. Daten an einer kleinen Patientengruppe zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen oraler Kontrastierung und KM-Gabe über eine Sonde [60].

Je nach verwendetem oralem Kontrastmittel wird zwischen der Dark-Lumen- (negatives oder biphasisches Kontrastmittel) und der Bright-Lumen-Technik (positives Kontrastmittel) bezüglich des Bildeindrucks in T1 unterschieden. Biphasisches Kontrastmittel scheint zur Beurteilung der Darmwand am geeignetsten zu sein, da es sowohl in T1 als auch in T2 eine adäquate Unterscheidung von Lumen und Darmwand erlaubt (T1: Lumen hypointens, Darmwand hyperintens; T2: Lumen hyperintens, Darmwand hypointens) [22].

Die Untersuchungszeit liegt i.d.R. unter einer halben Stunde. Je nach Patientencompliance bezüglich der Atemanhaltenmanöver und der Peristaltik des Darms ist dieses Verfahren stärker artefaktanfällig gegenüber der Computertomographie. Antiperistaltika können zur Reduktion dieser Artefakte beitragen. Untersuchungsspezifische absolute Kontraindikationen (Herzschrittmacher, magnetisierbare Metalle etc.) sind zwingend zu beachten. Die Maßnahmen zur Patientenvorbereitung (Nüchternheit) sind vergleichbar zur CT. Als i.v.-Kontrastmittel kommen gadoliniumhaltige Präparate zum Einsatz, die die entzündliche Aktivität detektierter Läsionen einschätzen helfen. Eine zusätzliche rektale Kontrastierung erscheint nicht nur zur Beurteilung des Colons sowie des Rectosigmoids wünschenswert, sondern verbessert auch die Aussagekraft im Bereich des terminalen Ileums [1].

Die Bildakquisition der MR-Enterographie bzw. des MR-Enteroklysma sollte sowohl in T2 als auch in T1 (nativ und post-KM) gewichteten Sequenzen erfolgen. Die TrueFISP-Sequenz

liefert eine schnelle Orientierung und ist eine sehr stabile Sequenz. Der Grund hierfür besteht in der geringen Anfälligkeit gegenüber Bewegungs- und Atemartefakten sowie der guten Differenzierung zwischen Darmwand und Mesenterium [22].

Die MRT steht der Sonographie und der CT bezüglich der Detektion trans- und extramuraler Manifestationen in nichts nach. Sie weist insbesondere eine hohe Sensitivität zur Fistelerkennung auf. Ihr Stellenwert wird von den aktuellen deutschen Leitlinien als Verfahren der ersten Wahl zur ergänzenden Dünndarmdiagnostik nach erfolgter hochauflösender Sonographie gesehen [19].

Gegenüber der Computertomographie ist die Kernspintomographie zeitaufwändiger, teurer, weniger verfügbar und weist eine geringere Ortsauflösung auf.

Im Vergleich zum konventionellen Enteroklysma lag in einer Arbeit an 84 Patienten die Sensitivität zur Diagnosestellung eines M. Crohn bei 95% im MRT gegenüber 85% im Enteroklysma, bezüglich der Detektion von Abszessen bei 78% im MRT gegenüber 0% im Enteroklysma sowie bzgl. Fisteln bei 71% im MRT gegenüber 18% im Enteroklysma [51].

Es zeigt sich eine Überlegenheit des konventionellen Enteroklysmas gegenüber dem MR-Enteroklysma bezüglich subtiler mukosaler Läsionen des Dünndarms [15]. Ebenso werden durch die Videokapselendoskopie signifikant mehr entzündliche Läsionen in den proximalen 2/3 des Dünndarms gegenüber der MRT detektiert [14]. Dabei bleibt die Frage offen, ob es sich hierbei tatsächlich um Crohn-Läsionen handelt.

2.3.2.3.4 Virtuelle Endoskopie (CT-/MR-Kolographie)

Als neuere radiologische Technik steht die virtuelle Endoskopie als „Kolographie“ für den Dickdarm zur Verfügung. Sowohl die CT- als auch die MR-basierte Endoskopie steckt noch im experimentellen Stadium und kann bei weitem noch nicht die konventionelle Endoskopie ersetzen. Es bestehen keine Unterschiede hinsichtlich der Patientenvorbereitung mit gründlicher Darmreinigung. Als Nachteile sind die geringere Auflösung sowie die fehlende Möglichkeit zur therapeutischen Intervention zu nennen. Der Vorteil liegt zum Einen in der besseren Patientenakzeptanz, zum Anderen in der zusätzlichen Beurteilung trans- und extraluminaler Manifestationen. Desweiteren stellen nicht überwindbare Stenosen kein Problem gegenüber der konventionellen Endoskopie dar. Die zusätzliche Strahlenexposition einer CT-basierten Kolographie ist zu bedenken.

Ein Vergleich zwischen MR-basierter Kolographie und konventioneller Koloskopie zur Beurteilung von Entzündungen des Dickdarms bei CED zeigte bisher enttäuschende Ergebnisse [61]: Die virtuelle Methode erlaubte hier keine adäquate Beurteilung des Ausmaßes der Entzündung des Kolons bei Patienten mit CED, lediglich schwere entzündliche Veränderungen können ausreichend gut veranschaulicht werden.

Zusammenfassung Bildgebung bei CED:

Sowohl die Durchleuchtungsverfahren als auch die endoskopischen Verfahren liefern gegenüber den Schnittbildverfahren eine höhere Sensitivität für die Erkennung von subtilen Oberflächenveränderungen. Extramurale Komplikationen wie z.B. Abszesse, können jedoch nur durch Schnittbildverfahren adäquat erkannt werden [35]. Tabelle 3 fasst die diagnostische Sicherheit der verschiedenen Modalitäten hinsichtlich der Detektion von Fisteln, Abszessen, Stenosen und entzündlich veränderten Darmsegmenten zusammen.

Modalität	Fisteln	Abszesse	Stenosen	Inflammation
Konventionelles Enteroklysma oder Magen-Darm-Passage	++	-	++	++
Ileokoloskopie	+	-	++	++
MRT	++	++	++	++
Videokapselendoskopie	-	-	+	++
Sonographie	+	+	+	++
CT-Enteroklysma	++	++	++	++
Doppelballonendoskopie	-	-	+	++
- nicht zuverlässig + etwas oder von potentielltem Nutzen ++ allgemein zuverlässig				

Tab. 3: Vergleich der bildgebenden Verfahren [35]

Verfahren, die eine Strahlenexposition vermeiden, sind bei den überwiegend jungen Patienten von Vorteil. Hierzu zählen die Sonographie, die MRT sowie die endoskopischen Verfahren. Je nach der Notwendigkeit der Patientenvorbereitung schneiden die verschiedenen Untersuchungsmethoden in der Patientenakzeptanz unterschiedlich ab: Bei nahezu allen Verfahren wird eine Nüchternheit von mindestens 6 Stunden vorausgesetzt. Die klassische Ileokoloskopie sowie die Doppelballonendoskopie (rektaler Zugang) erfordern darüber hinaus abführende Maßnahmen. Zudem ist bei den beiden letztgenannten Verfahren eine Sedierung mit den damit verbundenen Risiken sowie der Notwendigkeit des Kreislaufmonitorings erforderlich.

Die Applikation des oralen Kontrastmittels über eine nasojejunale Sonde zur Durchführung eines konventionellen Enteroklysma oder eines CT- oder MR-Enteroklysma im Gegensatz zur CT- oder MR-Enterographie sowie einer Magen-Darm-Passage stellt für den Patienten eine invasive Maßnahme dar. Der damit vermeintlich verbundene Vorteil der besseren Darmdistension konnte in Studien an kleinen Patientengruppen widerlegt werden.

Insbesondere die Sonographie sowie das konventionelle Enteroklysma und die Magen-Darm-Passage stellen Methoden mit starker Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers dar. Gemeinsame Vorteile der Computertomographie und der Sonographie sind die ubiquitäre Verfügbarkeit und der geringe Kostenaufwand.

Therapeutische Möglichkeiten wie z.B. Dilatation von Stenosen, Blutstillung bzw. die Möglichkeit der Gewebeentnahme zur Gewinnung einer Histopathologie bieten die Ileokoloskopie sowie die Doppelballonendoskopie.

2.3.3 Aktivitätsindizes

2.3.3.1 Klinische Aktivitätsindizes

Von geringer Bedeutung für die tägliche Praxis stellen sich die nachfolgenden Aktivitätsindizes heraus. Als sinnvoll erweist sich ihr Einsatz innerhalb von Studien.

Der CDAI (Crohn's Disease Activity Index) nach Best signalisiert ab einer bestimmten Punktzahl einen aktiven behandlungsbedürftigen Schub. Dieser klinische Aktivitätsindex ist zwar zügig zu ermitteln (nur ein Laborwert notwendig: Hkt), enthält jedoch eine hohe subjektive Wichtung. Alternativ können der Harvey-Bradshaw-Index (HBI) oder der Van-Hees-Aktivitätsindex (VHAI) ermittelt werden. In Analogie existiert für Colitis ulcerosa Patienten der CAI (Colitis Activity Index) nach Rachmilewitz. Hier fließen ähnliche klinische Kriterien sowie zwei Laborwerte (BSG und Hb) mit ein. Von ähnlicher Bedeutung ist der Truelove-Witts-Index (TWI) zu verstehen [72].

Für spezielle Situationen bieten sich weitere Indizes an, so z.B. der PDAI (Perianal Crohn's Disease Activity Index) für M. Crohn Patienten, die an Fisteln leiden [67].

2.3.3.2 Endoskopische Aktivitätsindizes

Der CDEIS (Crohn's Disease Endoscopy Index of Severity) stellt aktuell den derzeitigen Goldstandard zur Evaluation der endoskopischen Aktivität anhand endoskopisch detektierbarer Läsionen dar [67]. Die Ermittlung ist jedoch zeitaufwändig und bietet nur eine schlechte Korrelation zur klinischen Aktivität. Anhand dieses Scores wurden therapeutische Effekte in Studien mehrfach gemessen. Als problematisch ist anzumerken, dass sich mithilfe dieses Index lediglich eine mukosale Heilung erkennen lässt, nicht jedoch die Entzündungsaktivität in tieferen Wandschichten beurteilt werden kann.

Der SES-CD (Simple Endoscopic Score for Crohn's Disease) ist zwar leichter und schneller als der CDEIS zu bestimmen, weist jedoch auch nur eine schwache klinische Korrelation auf.

Als postoperativer Goldstandard ist der Rutgeerts' score angesehen. Dieser soll eine Vorhersage bezüglich eines Rückfalls je nach erhobenen Befunden zulassen.

2.3.3.3 MR-Aktivitätsindex

Ein ausreichend validierter MR-Aktivitätsindex existiert gegenwärtig nicht. In den MRAI (MR-Aktivitätsindex) fließen neben Darmwanddicke, Signalintensitätszunahme der Darmwand und Anzahl der entzündeten Darmabschnitte mögliche Komplikationen mit ein [18]. Es finden sich kontroverse Angaben bezüglich der Korrelation zwischen CDAI und MRAI. So konnte in einer Studie an 8 Patienten eine signifikante Reduktion der Wanddicke und Abnahme der KM-Aufnahme befallener Darmsegmente nach Ansprechen der Therapie im Verlauf beobachtet werden [39]. Neben der Darmwandverdickung und KM-Aufnahme stellte sich in einer Studie an 20 Patienten als weiterer Parameter mit guter Korrelation zur Krankheitsaktivität die Hyperintensität der Fettgewebsproliferation in T2 fettsupprimierten

Sequenzen heraus [34]. Hingegen zeigte eine Studie an 82 M. Crohn Patienten eine nur mangelhafte Korrelation zwischen KM-Enhancement der Darmwand und dem CDAI sowie keine statistische Korrelation zwischen Darmwandenhancement und CRP [62].

3 Zielsetzung

Die Sonographie sowie die MR-Enterographie bieten den Vorteil, ohne Strahlenexposition sowohl intraluminale als auch trans- und extramurale Manifestationen bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen darzustellen. Ihre zunehmende Bedeutung in der Diagnostik bei Patienten mit M. Crohn und Colitis ulcerosa erfordert eine vergleichende Betrachtung dieser beiden Methoden.

Ziel der Studie ist es, einen Vergleich von hochauflösenden Darmultraschalluntersuchungen mit MR-Enterographie zur Diagnostik bei Patienten mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen unter Alltagsbedingungen vorzunehmen und ihren jeweiligen Stellenwert herauszuarbeiten.

4 Material und Methoden

4.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv umfasst alle Patienten (Nachname A- bis M-) mit gesicherter Diagnose einer chronisch entzündlichen Darmerkrankung, bei denen im Zeitraum vom 28.10.1999 bis zum 30.01.2007 am Universitätsklinikum Regensburg eine MR-Enterographie sowie eine zeitnahe Darmultraschalluntersuchung durchgeführt wurden. Aufgrund Mehrfachuntersuchungen einzelner Patienten ergeben sich insgesamt 250 Fallvergleiche von 207 Patienten im Alter von 14 bis 77 Jahre. Den Großteil des Patientenkollektivs bilden 175 von 207 Patienten (84,5%) mit M. Crohn, während 32 Patienten (15,5%) an Colitis ulcerosa erkrankt sind.

4.2 Erfassungsmethode

Studiendesign: Retrospektive Studie

Im EDV-System des Instituts für Röntgendiagnostik (Medos) wurden alle bisher durchgeführten MR-Enterographien ermittelt. Zum Stichtag des 01.02.2007 belief sich die Anzahl aller in unserem Institut durchgeführten Enterographien auf 1582. Es erfolgte die Aufgliederung in 6 Patientengruppen in Abhängigkeit von den klinischen Angaben und der Fragestellung:

Gesamtzahl MR-Enterographien	Patienten-gruppe	Anzahl an Patienten	Klinische Angaben bzw. Fragestellung an die MR-Enterographie
1582	I	801 (50,6%)	gesicherter Diagnose einer CED
	II	260 (16,4%)	Verdacht auf CED
	III	120 (7,6%)	allgemeine Frage nach Stenosen und/oder Entzündungen ohne explizite klinische Angabe/Fragestellung einer „CED“
	IV	9 (0,6%)	Frage nach einer GvHD
	V	365 (23,1%)	sonstige Angaben (ohne I-IV)
	VI	27 (1,7%)	kein schriftlicher Befund im Medos vorhanden

Tab. 4: Patientengruppen aller durchgeführten MR-Enterographien

So lieferte eine Volltextrecherche nach den Schlüsselwörtern „CED“ und/oder „M. Crohn“ und/oder „Colitis ulcerosa“ in den klinischen Angaben der MRT-Befunde einen Pool von zunächst 801 Patienten mit gesicherter Diagnose einer CED.

Mithilfe des SAP-Systems des Universitätsklinikums Regensburg erfolgte die Ermittlung aller Patienten der Gruppe I, die gleichzeitig sonographisch untersucht wurden. Das maximale Zeitintervall zwischen beiden Verfahren wurde auf 14 Tage begrenzt, um relevante Änderungen der Morphologie auszuschließen. Auch aus den klinischen Angaben für die Sonographie musste die gesicherte Diagnose einer CED hervorgehen. Es wurde darauf geachtet, dass in beiden Modalitäten die primäre Zielsetzung der Erfassung pathologischer Veränderungen im Rahmen der CED galt. Um die angestrebte Zielgröße von 250 auszuwertenden Fällen zu erreichen, konnte die Suche nach zeitnahen Sonographien bereits nach 446 Patienten der Gruppe I abgeschlossen werden.

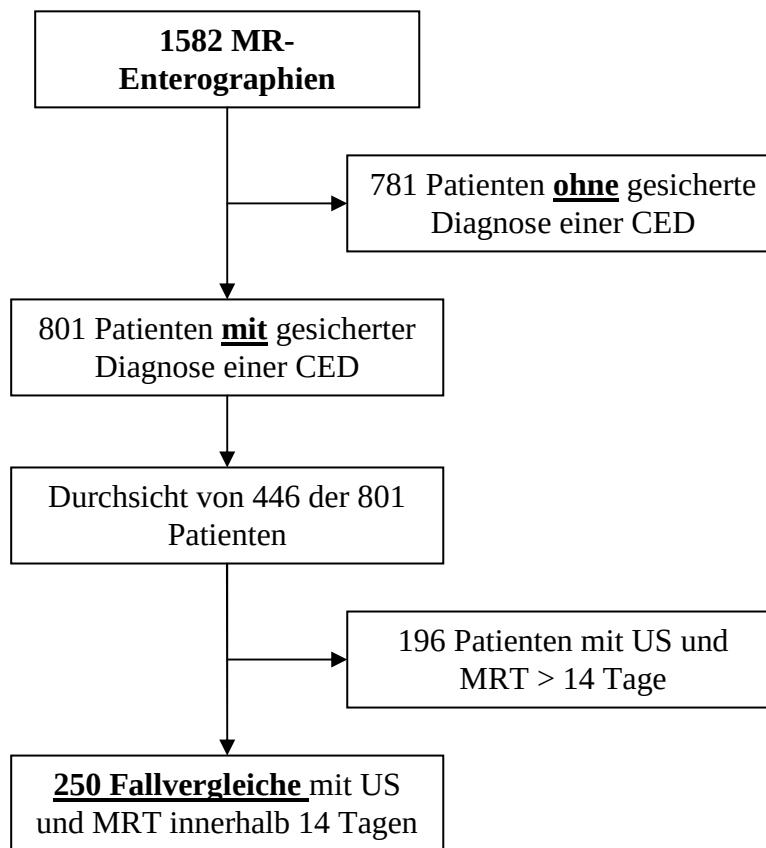


Abb. 4: Bildung des Patientenkollektivs für 250 Fallvergleiche

4.3 Patientenvorbereitung und apparative Untersuchung

4.3.1 MR-Enterographie

Die Patientenvorbereitung sah neben der oralen und rektalen Kontrastierung der nüchternen Patienten die Gabe von 40 mg Butylscopolaminiumbromid (Buscopan, Boehringer, Ingelheim; ggf. Glucagon) zur optimalen Darmdistension bei Fehlen von Kontraindikation vor. In Einzelfällen konnte z.B. aufgrund Erbrechens eine orale Kontrastierung nicht erfolgen, ebenso blieb in Einzelfällen z.B. bei Z.n. Rektumexstirpation oder Ablehnung durch den Patienten die rektale Kontrastierung aus.

Selten war eine Prämedikation z.B. mittels Lorazepam bei Klaustrophobie notwendig.

Ein ausführliches Aufklärungsgespräch sowie die schriftliche Einverständniserklärung erfolgten in allen Fällen.

intravenös	Gadoliniumhaltiges Kontrastmittel (Gd-DTPA, z.B. Magnevist, Schering, Berlin)	adaptiert an das Körpergewicht des Patienten
oral	Wasser-Mannitol-Gemisch	(angestrebt) 2 Liter über 1 Stunde
rektal	Wasser	(angestrebt) 1 Liter unmittelbar vor Untersuchungsbeginn

Tab. 5: Kontrastmittel-Gabe und -Menge

Alle Untersuchungen erfolgten an einem Hochfeld (1,5T) Magnetresonanztomographen der Firma Siemens (Erlangen, Deutschland), entweder am Magnetom Symphony oder am Magnetom Sonata.

Da der Untersuchungszeitpunkt bis 1999 zurückreicht, kann hier kein einheitliches Untersuchungsprotokoll angegeben werden. Dieses ist mit jeder Weiterentwicklung entsprechend angepasst worden, um jeweils von der bestmöglichen Bildqualität und schnellen Sequenzen mit Verkürzung der Untersuchungszeit zu profitieren. Selbst das angewandte orale Kontrastmittel unterlag einem Wechsel, so wurde z.B. anfangs ein Gemisch aus Ananassaft und Methylzellulose zur oralen Kontrastierung verwendet. Das zuletzt angewandte Untersuchungsprotokoll sah folgende Sequenzen in Atemanhaltetechnik vor:

MR-Enterographie:

Koronar	T2 TrueFISP und T1 FLASH-2D post KM in Fettsättigung
Axial	T2 HASTE, T1 FLASH-2D nativ und post KM in Fettsättigung

Tab. 6: Untersuchungsprotokoll –Sequenzen für die MR-Enterographie

Bei explizitem Verdacht auf Fisteln wurde ein ergänzendes Fistelprogramm mit befundbezogenen dünn-schichtigen Sequenzen (i.d.R. Schichtdicke von 4 mm) gefahren, das die durchschnittliche Untersuchungsdauer von unter einer halben Stunde um weitere 10 bis 15 Minuten verlängerte.

Fistelprogramm:

Axial	T2 stir, T1 nativ und post KM in Fettsättigung
Koronar	T1 nativ und post KM in Fettsättigung

Tab. 7: Untersuchungsprotokoll – Sequenzen für das Fistelprogramm

Es wurde eine 6-Kanal Body-Array-Spule verwendet.

Die Befundung erfolgte ausschließlich durch einen Facharzt sowie einen erfahrenen Assistenzarzt im Konsensus.

4.3.2 Abdomen-Sonographie

Zusammen mit der Inneren Medizin I, der Chirurgie sowie der Nuklearmedizin betreibt das Institut für Röntgendiagnostik ein Ultraschallzentrum am Universitätsklinikum Regensburg. Die Untersuchungen fanden alle an einem der Geräte des Ultraschallzentrums statt:

- Siemens Sonoline Elegra (Erlangen, Deutschland)
- General Electrics Logiq 9 (Solingen, Deutschland)
- Hitachi EUB-8500 (Tokio, Japan)
- Siemens Acuson Sequoia 512 (Erlangen, Deutschland)

Zunächst erfolgte ein Routineultraschall des Abdomens mit einem 3,5 MHz Konvexitätsschallkopf. Zum Darmschall kam im Anschluss ein 5 bis 10 MHz Linearschallkopf zum Einsatz. Der Einsatz der (Power-)Dopplertechnik darf ebenfalls vorausgesetzt werden. Hingegen gehörte die Gabe eines Ultraschallkontrastmittels nicht zur Routine.

Im Gegensatz zu der MRT-Befundung erfolgt die Sonographie und Auswertung des Befundes nicht zwingend durch einen Facharzt. Im Ergebnisteil wird je Kategorie gesondert auf den Einfluss der Erfahrung des Untersuchers eingegangen. Hierzu dient eine Zweiteilung der Untersucher in die Gruppe der weniger bis mäßig erfahrenen Untersucher und in die Gruppe der Untersucher mit sehr guter Erfahrung bzw. routinierter Anwendung eines Darmschalls. Die Einteilung in beide Gruppen erfolgte durch die Leiterin des interdisziplinären Ultraschallzentrums.

4.4 Auswertung

4.4.1 Kriterien

Folgende Parameter wurden analysiert:

- Geschlecht und Alter des Patienten
- Untersuchungszeitpunkt:
 - o Bei mehreren vorliegenden Ultraschalluntersuchungen innerhalb der 14-Tagesfrist wurde derjenige Befund herangezogen, der der MR-Enterographie zeitlich am nächsten lag.
- Erfahrung des Untersuchers
- Befunde der jeweiligen Untersuchung gegliedert nach folgenden pathologischen Veränderungen:
 - o Darmwandveränderungen
 - o Stenosen
 - o Abszesse
 - o Fisteln bzw. Fistelsysteme
 - o Lokoregionäre Lymphknoten
 - o „Creeping fat“ und „Comb sign“
 - o Konglomerattumor

Im Sinne von „treat the worst case“ werden die Befunde je nach Formulierung als „Treffer/Nicht-Treffer“ gewertet:

Pathologische Veränderung liegt...	bei folgenden Formulierungen:
... vor	„am ehesten...“ „(dringender) Verdacht auf...“ „vereinbar mit...“ „ist/erscheint möglich...“ „im Sinne eines/r...“ „ist am wahrscheinlichsten...“ „suspekt...“
... nicht vor	entweder ausdrücklich verneint („keine...“) pathologische Veränderung gar nicht erwähnt als nicht eindeutig beweisend gewertet "... nicht sicher auszuschließen"

Tab. 8: Wertung der verwendeten Formulierungen in den Befunden

So soll die Anzahl an nicht eindeutigen Befunden auf ein Minimum reduziert werden.

4.4.2 Patientenbezogene Auswertung unter Berücksichtigung der Lokalisation

Im Ergebnisteil wird auf folgende Einteilung wiederholt zurückgegriffen:

	US = MRT*	US > MRT*	MRT > US*	Beschreibung: Pathologische Veränderung(en)...	Konsensus MRT/US
A	0	0	0	... weder beim US noch bei der MRT	Ja
B	X	0	0	... sowohl beim US als auch bei der MRT <u>gleiche</u> Lokalisation	Ja
C	0	X	0	... nur beim US	Nein
D	0	0	X	... nur bei der MRT	Nein
E	X	X	0	... sowohl beim US als auch bei der MRT <u>gleiche</u> Lokalisation und <u>zusätzliche</u> pathol. Veränderung(en) <u>nur</u> beim US	Teilweise
F	X	0	X	... sowohl beim US als auch bei der MRT <u>gleiche</u> Lokalisation und <u>zusätzliche</u> pathol. Veränderung(en) <u>nur</u> bei der MRT	Teilweise
G	0	X	X	... sowohl beim US als auch bei der MRT, aber unterschiedliche Lokalisation	Nein
H	X	X	X	... sowohl beim US als auch bei der MRT mit nur teilweise gleicher Lokalisation	Teilweise
*Legende: X = Pathologische Veränderung(en) liegt(/-en) vor 0 = Pathologische Veränderung liegt nicht vor					

Tab. 9: Tabellarische Fallzuordnung – allgemeines Schema

4.4.3 Patientenbezogene Auswertung ohne Berücksichtigung der Lokalisation

Die vorherigen Schemata beziehen sich auf Befunde der gleichen Lokalisation. Da die korrekte Lokalisationsangabe (außer Rektosigmoid) für eine konventionelle Therapie in den seltensten Fällen einen Einfluss hat, werden die Ergebnisse schließlich noch in folgender Form anhand einer Vierfeldertafel präsentiert:

Bildung von 4 Patientengruppen ohne Berücksichtigung der Lokalisation:

- I. Alle Patienten, die weder beim US noch bei der MRT Pathologien haben (A)
- II. Alle Patienten, die sowohl beim US als auch bei der MRT eine oder mehrere Pathologien haben (B+E+F+G+H)
- III. Alle Patienten, die ausschließlich beim US eine oder mehrere Pathologien haben, nicht aber bei der MRT (C)
- IV. Alle Patienten, die ausschließlich bei der MRT eine oder mehrere Pathologien haben, nicht aber beim US (D)

Bei allen Gruppen spielt es keine Rolle, ob 1 oder mehrere Regionen befallen sind.

Pathologie(n)		US	
		nein	ja
MRT	nein	I (A)	III (C)
	ja	IV (D)	II (B+E+F+G+H)

Tab. 10: Vierfeldertafel - allgemeines Schema

Hier erfolgt im Anschluss jeweils die detaillierte Betrachtung der Patientengruppen III und IV, da diese am kritischsten zu bewerten sind. Gruppe III bedeutet, dass möglicherweise keine Therapie bei ausschließlicher Verwendung der MR-Enterographie erfolgt wäre, da diese keine pathologischen Befunde erbrachte. Analoges gilt für Gruppe IV bei ausschließlicher Verwendung der Sonographie.

Bei der Suche nach möglichen Erklärungen für die diskrepanten Befunde können folgende Punkte in Betracht gezogen werden:

1. Diskrete Befunde: Es kann sich bei den in nur einer Modalität vorliegenden Befunden um lediglich sehr diskrete oder fragliche Befunde handeln (z.B. Wortwahl: „prominent“/„akzentuiert“/„gering“/„etwas“/„Wanddicke von 3mm“/„Lumeneinengung ohne prästenotische Dilation“ statt „Stenose“ usw.).
2. Zeitintervall: Es kann sich um ein zu langes Zeitintervall zwischen beiden Untersuchungen handeln, da als Einschlusskriterium maximal 14 Tage definiert wurde und sich selbst innerhalb dieser Zeit bei z.B. entsprechender Therapie ein Wandel der Morphologie ergeben kann. Hierzu dient ein engeres Zeitfenster von 7 Tagen.
3. Untersuchungsbedingungen: Sowohl bei der MRT (Bewegungs-/Atemartefakte, mangelnde enterale Kontrastierung, stuhlgefüllter Darm) als auch beim US (Adipositas/Darmgasüberlagerung) kann die Beurteilbarkeit eingeschränkt sein.
4. Anderweitiger therapiebedürftiger Befund: Falls ein zusätzlicher Befund mit entsprechend therapeutischer Konsequenz vorliegt, so wird dieser in der Auswertung aufgelistet. Schließlich macht es einen Unterschied, ob z.B. im US ein entzündetes Darmsegment aufgelistet wird und der MRT-Befund völlig unauffällig ist oder ob im MRT-Befund Konglomerate, Fisteln, Stenosen o.a. beschrieben werden.
5. Zwischenzeitlich erfolgte Intervention: Ein zwischenzeitlich mittels Drainage entlasteter Abszess kann z.B. kurzfristig den Befund maßgeblich beeinflussen.
6. Erfahrung des Untersuchers (Sonographie): Unter einem wenig bis mäßig erfahrenen Untersucher fallen alle Ärzte, die gemäß dem 3-Stufen-Konzept der Sonographie des Abdomens (Sektion Innere Medizin) der DEGUM, nicht die Voraussetzungen zur Zertifizierung erfüllen. Die sehr erfahrenen Untersucher mit routinierter Anwendung eines Darmschalls müssen nicht zwingend DEGUM-zertifiziert sein, sind aber entsprechend ihrer Anzahl an eigenverantwortlich durchgeführten Untersuchungen und ihrer sonographisch tätigen Zeit mindestens auf dem Qualitätsniveau eines Stufe-I-Schallers anzusiedeln (siehe Tab. 11).

	Stufe I	Stufe II / Ausbilder	Stufe III / Seminarleiter
Mindestens eigenverantwortlich durchgeführte Untersuchungen	800	6000	10000
Ausbildungsstand	Facharzt	Facharzt	Facharzt
Mindestens sonographisch tätige Zeit	6 Monate ständig oder 24 Monate begleitend	4,5 Jahre	6 Jahre
Teilauszug aus den Voraussetzungen für die DEGUM-Zertifizierung (www.degum.de)			

Tab. 11: 3-Stufenkonzept der Sonographie des Abdomens: Sektion Innere Medizin der DEGUM

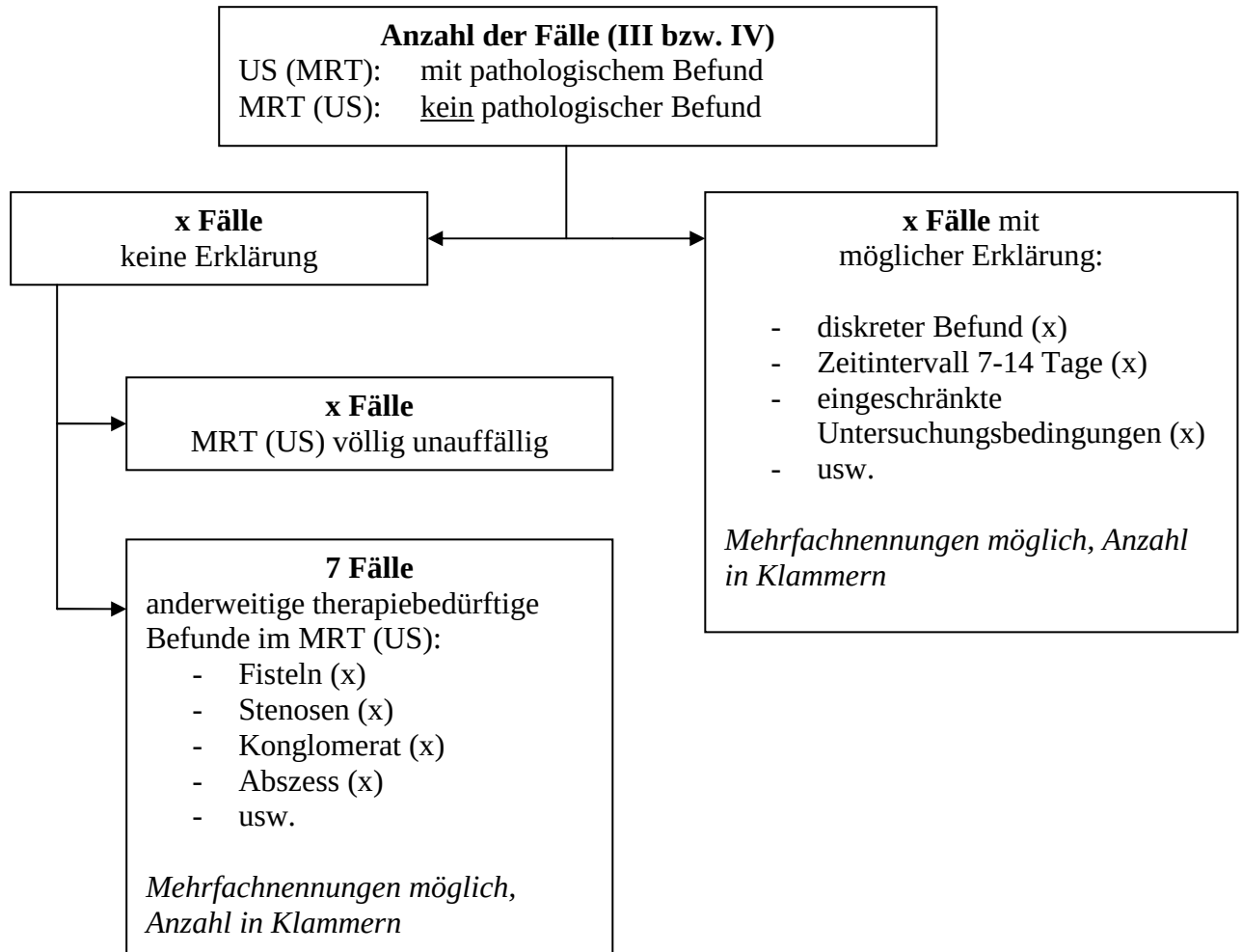


Abb. 5: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde – allgemeines Schema

Verwendete Tabelle zur Veranschaulichung des Einflusses von der Erfahrung des Untersuchers:

x Fälle pathol. Befund US >(<) MRT*	US-Erfahrung	
	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	A	C
Keine Erklärung	B	D
* US>MRT = Fall, der nur beim US einen oder mehrere pathol. Befunde beschreibt, nicht aber bei der MRT * MRT>US = Fall, der nur bei der MRT einen oder mehrere pathol. Befunde beschreibt, nicht aber beim US D bedeutet zum Beispiel, dass in einem Fall, in dem bisher keine ersichtliche Erklärung für die Diskrepanz der Befunde gefunden wurde, die Sonographie durch einen sehr erfahrenen Untersucher durchgeführt wurde. Ein verhältnismäßig hoher D-Wert deutet damit auf eine Abhängigkeit von der Erfahrung hin. A-C analog zu D		

Tab. 12: Einfluss der US-Erfahrung des Untersuchers – allgemeines Schema

Folgende zwei Fälle sprechen für eine Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers:

1. Wenn die Fälle mit nur beim US, nicht bei der MRT beschriebenen Pathologien (US>MRT) von hauptsächlich sehr erfahrenen Schallern untersucht wurden, d.h. C- und D-Werte höher als A- und B-Werte.
2. Wenn die Fälle mit nur bei der MRT, nicht beim US beschriebenen Pathologien (MRT>US) von hauptsächlich nur mäßig erfahrenen Schallern untersucht wurden, d.h. A- und B-Werte höher als C- und D-Werte.

4.4.4 Segmentbezogene Auswertung

Die Auswertung geschieht durch eine segmentbezogene Betrachtungsweise, d.h. es wird die Gesamtzahl aller befallener Segmente als Pool betrachtet - unabhängig zu welchem Einzelfall sie zugehörig sind. Extraintestinale Pathologien (Abszesse, Fisteln, Creeping fat usw.) werden dem nächstgelegenen Darmsegment zugeordnet.

4.4.5 Statistische Auswertung

Die Auswertung aller relevanten Daten erfolgte auf einem Personal Computer der Firma Acer (TravelMate 661LCI; Betriebssoftware: Windows® XP Home Edition) unter Verwendung der Software Microsoft® Office Excel 2003 und Microsoft® Office Word 2003.

Es wird kein Vergleich mit einem Goldstandard wie z.B. endoskopischen bzw. operativen Befunden vorgenommen. Dies hätte eine deutliche Reduktion des Patientenkollektivs nach sich gezogen, da nur wenige Patienten zeitnah koloskopiert oder operiert wurden. Da aus diesem Grunde keine Sensitivitäten bzw. Spezifitäten im eigentlichen Sinne errechnet werden können, erfolgt die Darstellung der Ergebnisse beschreibend mit den o.g. Vierfeldertafeln.

Pathologie(n)		US	
		nein	ja
MRT	nein	I (A)	III (C)
	ja	IV (D)	II (B+E+F+G+H)
Signifikanz nach McNemar: Zahlenwert			

Tab. 13: Vierfeldertafel – allgemeines Schema

Die Signifikanzen werden mithilfe des Chi-Quadrat-Testes nach McNemar, einem Test für verbundene Stichproben, berechnet. Folgende Hypothese wird hierbei zugrundegelegt: Es besteht ein Unterschied in der Detektion von Pathologien zwischen US und MRT. Ein Unterschied gilt bei Werten $<0,05$ als signifikant bzw. $<0,01$ als hochsignifikant. Es ergibt sich aus statistischen Gründen die Einschränkung, dass für die Signifikanzberechnung die doppelten Fälle nicht berücksichtigt werden.

5 Ergebnisse

5.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Das Durchschnittsalter des untersuchten Patientenkollektivs betrug 35,6 Jahre (14-77 Jahre). Der Altersgipfel lag bei den Frauen in der zweiten und bei den Männern in der dritten Lebensdekade.

Bezüglich der Geschlechterverteilung ergibt sich ein weitgehend ausgewogenes Verhältnis (Frauen 54,8%, Männer 45,2%).

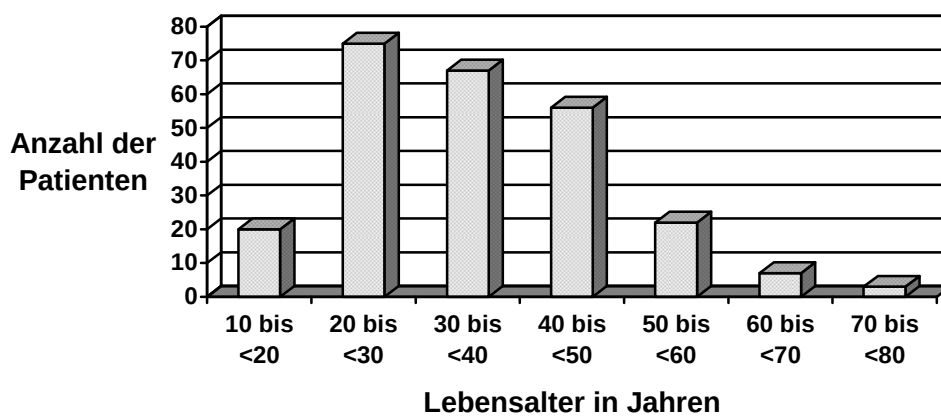


Abb. 6: Altersverteilung des Patientenkollektivs

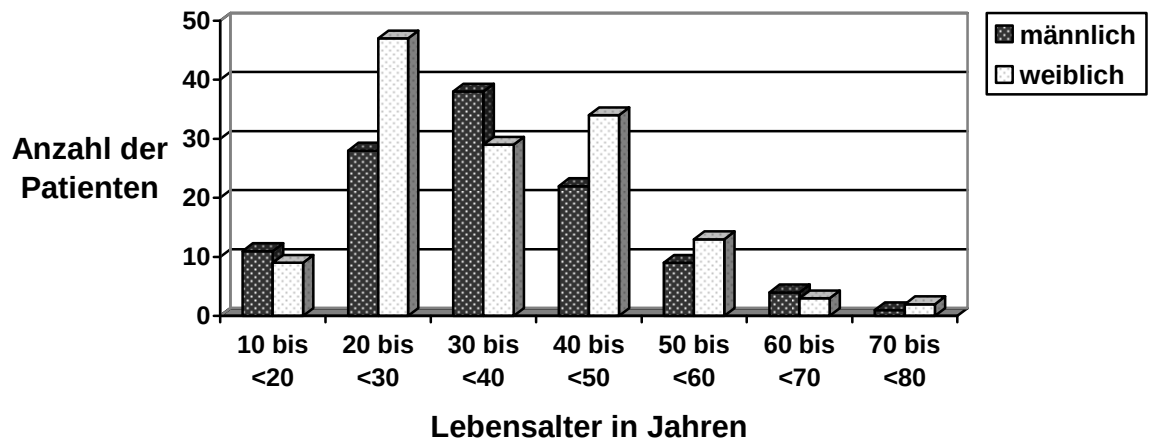


Abb. 7: Geschlechtsverteilung in Abhängigkeit vom Alter

5.2 Zeitintervall zwischen Sonographie und MR-Enterographie

Als Einschlusskriterium in die Studie wurde ein maximales Zeitintervall zwischen dem Untersuchungsdatum der MR-Enterographie und dem Untersuchungsdatum der Ultraschalluntersuchung von maximal 14 Tagen definiert.

Im Durchschnitt fand die Sonographie 1,9 Tage vor der MR-Enterographie statt. Der Großteil der verglichenen Fälle (68,8%) wurde in der Reihenfolge: Ultraschall, anschließend MR-Enterographie untersucht. 16,4% der Patienten erhielten am gleichen Tag beide Untersuchungen. Bei einer kleineren Patientengruppe (14,8%) ging dem Ultraschall die MR-Enterographie voraus. Hier darf nicht der Trugschluss gezogen werden, dass der diagnostische Pfad tatsächlich in dieser Reihenfolge ablief. Einige der Patienten erhielten im Rahmen ihres stationären Aufenthaltes mehrere Ultraschalluntersuchungen zur Verlaufskontrolle, sodass diejenige Untersuchung zum Vergleich herangezogen wurde, die der MR-Enterographie zeitlich am nächsten lag.

Da das bildmorphologische Substrat der pathologischen Veränderungen der CED sich selbst innerhalb von 14 Tagen verändern kann, folgt eine Detailauflistung des zeitlichen Abstandes beider Untersuchungen in Tagen. Bei über 90% der Fälle (227 von 250 Fällen) verstrich zwischen Ultraschall und MR-Enterographie maximal eine Woche. Bei 180 von 250 Fällen (72,0%) betrug das Zeitintervall maximal 3 Tage.

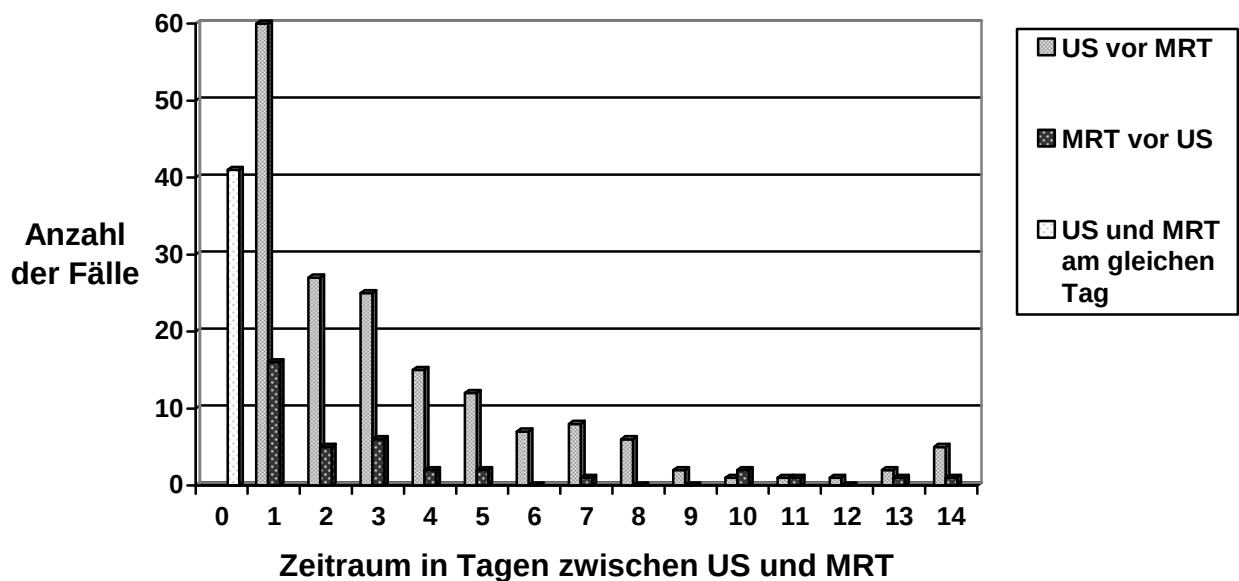


Abb. 8: Zeitraum zwischen Sonographie und MR-Enterographie

5.3 Erfahrung des Untersuchers

5.3.1 MR-Enterographie

Die Befundung erfolgte ausschließlich durch einen Facharzt sowie einen erfahrenen Assistenzarzt im Konsensus.

5.3.2 Sonographie

Im Gegensatz zu der MRT-Befundung erfolgt die Sonographie und Auswertung des Befundes nicht zwingend durch einen Facharzt. Insgesamt wurden die 250 Fälle von 100 verschiedenen Ärzten untersucht. Diese wurden durch die Leiterin des interdisziplinären Ultraschallzentrums je nach ihrer Erfahrung im Darmschall eingeteilt in die Gruppe der wenig bis mäßig erfahrenen Untersucher (87) und in die Gruppe der Untersucher mit sehr guter Erfahrung bzw. routinierter Anwendung eines Darmschalls (13). Letztgenannte entsprechen dem Qualitätsniveau eines mindestens Stufe-I-Schallers der DEGUM, ohne jedoch zertifiziert sein zu müssen.

	Mäßige Erfahrung	Sehr gute Erfahrung
Gesamtzahl Untersucher: 100	87	13
Gesamtzahl US-Untersuchungen: 250	131	119

Tab. 14: Anzahl der Untersucher je nach Erfahrung im Verhältnis zur Anzahl aller US-Untersuchungen

Trotz niedrigem Anteil (13,0%) der sehr erfahrenen Schaller wird fast die Hälfte aller Patienten durch diese untersucht ($119/250 = 47,6\%$). Unter den 13 Untersuchern mit sehr guter Erfahrung sind einer Stufe-II (Ausbilder) und 2 Stufe-III (Seminarleiter) zertifiziert. Von den übrigen 10 routinierten Schallern erfüllen - ohne zertifiziert zu sein - 2 die Qualitätsanforderungen an Stufe I, 7 an Stufe II und einer an Stufe III.

5.4 Systematik der Auswertung der US- und MRT-Befunde

5.4.1 Lokalisation

Ein Vergleich zwischen den US- und MRT-Befunden setzt eine exakte Definition der Lokalisationen voraus. Nur unter dieser Voraussetzung können die entsprechenden Befunde korreliert werden. Folgende Darmabschnitte wurden als separate Lokalisation gewertet:

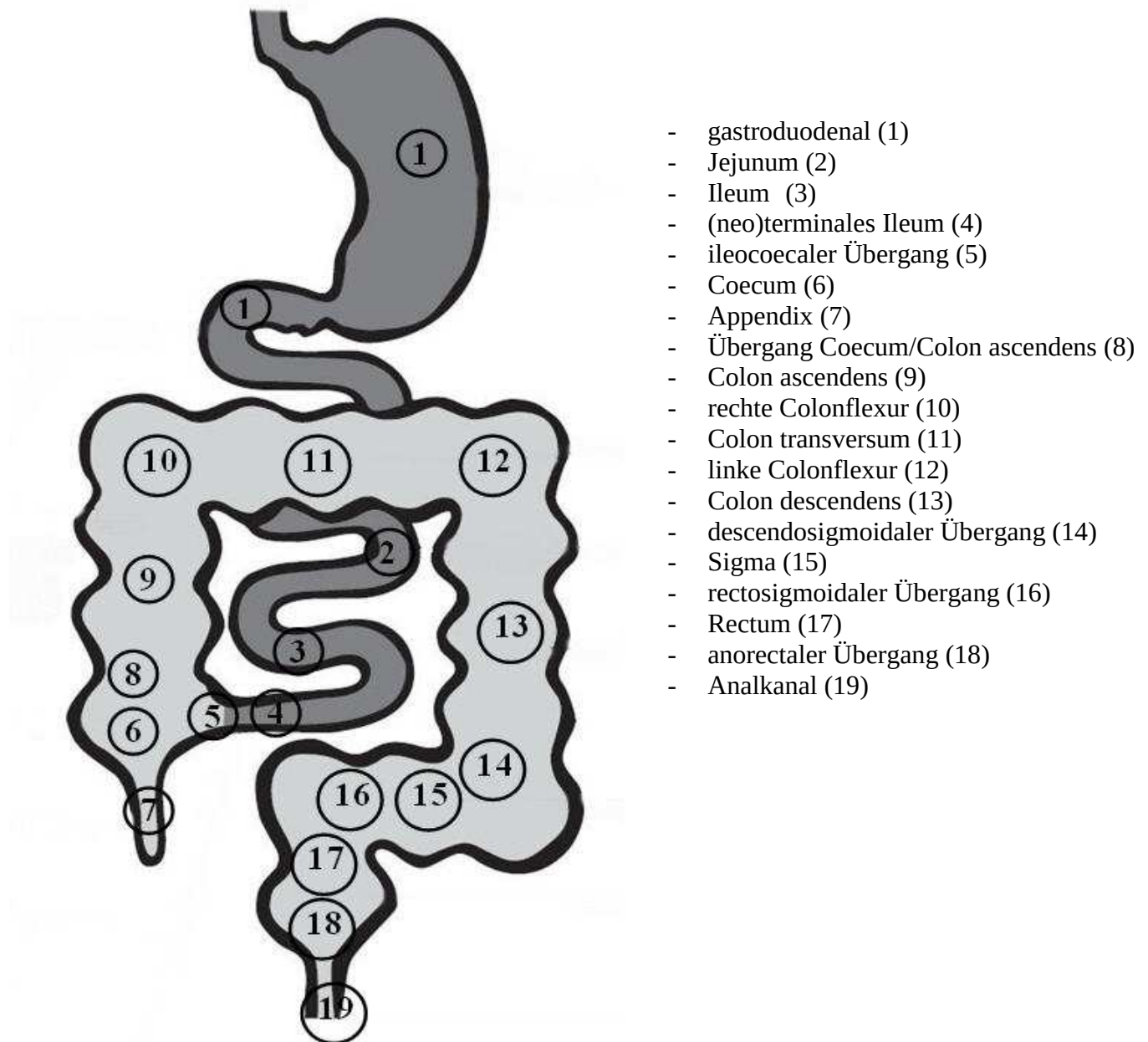


Abb. 9: Lokalisation - Einteilung in Darmabschnitte

Die Lokalisationsschwierigkeit insbesondere bei der Sonographie-Befundung kommt in folgenden wörtlich übernommenen Lokalisationsangaben zum Ausdruck:

- undefinierte Dünndarmschlingen
- undefinierte Dickdarmschlingen
- Darm im rechten Oberbauch
- Darm im linken Oberbauch
- Darm im Mittelbauch
- Darm im rechten Unterbauch
- Darm im linken Unterbauch
- Darm paraumbilikal
- keine Lokalisationsangabe

Schließlich tauchen im Ergebnisteil zusätzliche Lokalisationsangaben je nach postoperativem Situs auf:

- Ileodescendostomie
- ileocolische Anastomose
- Ileosigmoideostomie
- usw.

Dieser Einteilung folgen die beschriebenen intestinalen Pathologien „Darmwandveränderungen“ und „Stenosen“. Die Gruppe der extraintestinalen pathologischen Veränderungen wie Abszesse, Fisteln und lokoregionäre Lymphknoten orientieren sich ebenfalls an der anatomischen Nähe zu den vorgenannten Darmabschnitten, so dass hier Ausdrücke wie z.B. „perisigmoidal“, „im Bereich des terminalen Ileums“, aber auch neue Lokalisationsangaben wie z.B. „präsakral“, „im Douglasraum“, „Bauchwand“, „gluteal“ usw. verwendet werden.

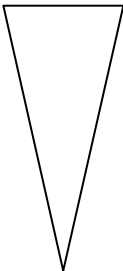
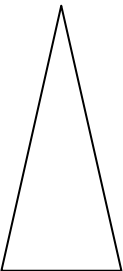
5.4.2 Kategorien und Begriffsdefinition

Zur Auswertung der pathologischen Veränderungen im Rahmen der CED bot sich die Einteilung in verschiedene Kategorien an. Im Einzelnen soll der Vergleich zwischen der Sonographie und der MR-Enterographie im Hinblick auf intestinale sowie auf extraintestinale pathologische Veränderungen abzielen. Zur erstgenannten Gruppe zählen Darmwandveränderungen und Stenosen. Extraintestinale Manifestationen sind Abszesse, Fisteln, entzündlich vergrößerte lokoregionäre Lymphknoten, lokoregionäre Fettgewebsinjektion („Creeping fat“), „Comb sign“ sowie Konglomerattumore.

Ein radiologischer Befund besteht aus einem deskriptiven sowie einem wertenden Teil, in dem die morphologischen Veränderungen in Zusammenschau mit der Klinik des Patienten eine Interpretation erfahren. Diesem Aufbau folgen mehr oder weniger sämtliche auszuwertende Sonographie- und MRT-Befunde.

5.4.2.1 Darmwandveränderungen

Bei Betrachtung der Kategorie „Darmwandveränderungen“ fanden sich folgende Formulierungen, die in die Auswertung einfließen bzw. als Treffer galten:

Sonographie	MR-Enterographie	deskriptiv	wertend
- Wandverdickung - akzentuierte Darmwand - geschichtete Darmwand	- Wandverdickung		
- Hyperperfusion	- erhöhte KM-Aufnahme der Darmwand		
- Entzündung der Darmwand - Befall der Darmwand	- Entzündung der Darmwand - Befall der Darmwand		

Tab. 15: Spezifizierung der Darmwandveränderungen

Falls vorhanden wurden die Daten zur Angabe der Wanddicke (in mm) sowie zur Längenausdehnung der Darmwandveränderung (quantitativ in cm oder semiquantitativ „kurz-/mittel-/langstreckig“) gesammelt.

5.4.2.2 Stenosen

In der Kategorie „Stenosen“ wurde bei Verwendung des expliziten Ausdrucks „Stenose“ diese als Treffer gewertet, es sei denn die Interpretation erfolgte in erster Linie i.S.e. funktionellen Stenose. Einige MRT-Befunde hielten sich deskriptiv und beschrieben „Lumeneinengungen“. Diese wurden ebenfalls primär als Stenosen gewertet im Sinne von „treat the worst case“. Zusätzlich beschrieben einige Untersucher indirekte Zeichen einer Stenose, wie z.B. das Vorliegen einer prästenotischen Dilatation oder Pendelperistaltik. Analog zur Auswertung der Darmwandveränderungen wurden, falls vorhanden, die quantitativen Angaben zum einen bezüglich der Längenausdehnung der Stenose (in cm oder kurz-/mittel-/langstreckig) zum anderen bezüglich dem Grad der Lumeneinengung (gering-/mittel-/hochgradig) aufgenommen.

5.4.2.3 Abszesse

Diese Kategorie berücksichtigt neben der maximalen Größenangabe der Abszesse ebenfalls nicht eindeutige Befunde. Falls angegeben, wurde eine zwischen beiden Untersuchungen stattgehabte Intervention (Abszessspaltung, Drainagenanlage) notiert.

5.4.2.4 Fisteln

Es erfolgte eine Untergliederung in „kein Nachweis einer Fistel“, „Nachweis einer Fistel“ und „Nachweis eines Fistelsystem bzw. von mindestens 2 separat beschriebenen Fisteln“.

5.4.2.5 Lokoregionäre Lymphknoten

Als indirektes Zeichen einer Entzündung gelten vergrößerte oder an Anzahl vermehrte Lymphknoten. Falls vorhanden wurde die max. Größe der beschriebenen Lymphknoten ausgewertet.

5.4.2.6 „Creeping fat“ und „Comb sign“

Neben „Creeping fat“ ist auch der Ausdruck „Wrapping fat“ in der Literatur bekannt. Darunter versteht man hypertrophiertes Fettgewebe, das die Darmsurface antimesenterisch um mindestens 50 Prozent umgibt und als charakteristisches Symptom für einen M. Crohn angesehen wird [55].

Das „Comb sign“ bezeichnet eine Dilatation der Vasa recta der Mesenterialarterien angrenzend an die akut entzündlichen betroffenen Darmabschnitte infolge Hypervaskularisation, so dass bildmorphologisch der gezähnelte Eindruck eines Kammes entsteht [40].

Neben den spezifischen Ausdrücken „Creeping fat“ und „Comb sign“ galten auch die Formulierungen „lokoregionäre (mesenteriale) Fettgewebsinjektion“ und „Nachweis einer entzündlichen Umgebungsreaktion“ als Treffer in dieser Kategorie.

5.4.2.7 Konglomerattumor

In dieser Kategorie galten begriffliche Umschreibungen wie z.B. „die Darmschlingen imponieren verbacken“ als nicht eindeutige Befunde. Der Begriff „Konglomerattumor“ musste explizit im Befund stehen, um als Treffer zu gelten.

5.4.3 Ergebnisse sortiert nach Kategorien

5.4.3.1 Darmwandveränderungen

5.4.3.1.1 Patientenbezogene Auswertung unter Berücksichtigung der Lokalisation

Ohne Berücksichtigung der Art der pathologischen Darmwandveränderung (Wandverdickung, Hyperperfusion, erhöhte KM-Aufnahme, Befall oder Entzündung des betroffenen Darmsegments) ergibt sich folgende Verteilung:

Fallzuordnung**	US=MRT*	US>MRT*	MRT>US*	Anzahl der Fälle	Prozentualer Anteil von 250 Fällen
A	0	0	0	21	8,4%
B	X	0	0	22	8,8%
C	0	X	0	28	11,2%
D	0	0	X	38	15,2%
E	X	X	0	24	9,6%
F	X	0	X	31	12,4%
G	0	X	X	45	18,0%
H	X	X	X	41	16,4%

***Legende:**
X = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) vor
0 = pathologische Darmwandveränderung liegt nicht vor

****Fallzuordnung:**
A = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) weder beim US noch bei der MRT vor
B = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation)
C = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) nur beim US vor
D = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) nur bei der MRT vor
E = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzliche pathol. Darmwandveränderung(en) nur beim US
F = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzliche pathol. Darmwandveränderung(en) nur bei der MRT
G = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor, aber unterschiedliche Lokalisation
H = pathol. Darmwandveränderung(en) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor mit nur teilweise gleicher Lokalisation

Tab. 16: Tabellarische Fallzuordnung – Darmwandveränderungen

In 21 Fällen von insgesamt 250 US-MRT-Paaren wurden weder in der Sonographie noch in der MR-Enterographie pathologische Darmwandveränderungen beschrieben. In 22 Fällen wurden die exakt gleichen Lokalisationen mit Darmwandveränderungen in beiden Modalitäten beschrieben. Damit besteht hinsichtlich Darmwandveränderungen Konsensus zwischen Sonographie und MR-Enterographie in 43 Fällen (Summe Gruppe A und B; 17,2 %). Die Fälle, in denen zum Teil Darmwandveränderungen der gleichen Lokalisation sowohl in der Sonographie als auch in der MR-Enterographie entdeckt wurden, aber darüber hinaus noch zusätzliche Darmwandveränderungen in nur jeweils einer Modalität beschrieben wurden, belaufen sich auf 96 (Summe Gruppe E, F und H; 38,4%) im Sinne eines Teilkonsensus.

Keinen Konsensus gab es in 111 Fällen (Summe Gruppe C, D und G; 44,4%) mit nur divergierenden Befunden.

Bezüglich therapeutischer Konsequenzen am kritischsten zu bewerten sind die Gruppen C und D, da hierbei bei ausschließlicher Verwendung der Sonographie 38 Fälle (15,2%) und bei ausschließlicher Verwendung der MR-Enterographie 28 Fälle (11,2%) als fälschlicherweise unauffällig befundet worden wären und damit möglicherweise keiner entsprechenden Therapie zugeführt worden wären. Da weder die Sonographie noch die MR-Enterographie als Goldstandard in der Diagnostik bei CED-Patienten anzusehen ist und kein Vergleich mit der Koloskopie oder operativen Befunden vorgenommen wurde, können diese Resultate nicht sicher als „falsch negativ“ bezeichnet werden, obwohl dieser Ausdruck den Sachverhalt gut widerspiegelt.

5.4.3.1.2 Segmentbezogene Auswertung und Vergleich der Lokalisationen

Die bisherige Auswertung erfolgte patientenbezogen. Die folgende Betrachtungsweise berücksichtigt alle Darmwandveränderungen, unabhängig davon, zu welchem Einzelfall sie gehören. Diese Vereinfachung soll die betroffenen Darmsegmente besser veranschaulichen.

Unter den 250 Fällen existieren 229 Fälle (Differenz aus Gesamtfallzahl 250 und Anzahl Gruppe A) mit insgesamt 673 pathologischen Darmwandveränderungen. Darunter wurden insgesamt 405 Wandveränderungen in der Sonographie und 439 in der MR-Enterographie beschrieben. Die Zahl der Wandveränderungen der gleichen Lokalisation in beiden Modalitäten belief sich auf 171 befallene Segmente. 234 Segmente mit pathologischer Darmwandveränderung wurden zusätzlich oder nur durch die Sonographie aufgedeckt gegenüber 268 durch die MR-Enterographie.

Aufgelistet nach der Lokalisation werden diejenigen Darmabschnitte ersichtlich, in denen die Sonographie Schwierigkeiten bei der Angabe der exakten Segmentzuordnung hat. So fällt der dominierende dunkelgraue Balken (= nur oder zusätzlich im MRT beschriebene befallene Segmente) im Bereich des „Ileum“ und im Bereich des „Rektum“ auf. Umgekehrt ist der prozentuale Anteil der mittelgrauen Balken besonders hoch bei Wandveränderungen von „Darm im rechten Unterbauch“ sowie „undefinierten Dünndarmschlingen“. An der Wortwahl dieser Befunde ist die Schwierigkeit der exakten Lokalisationsangabe in der Sonographie ersichtlich.

Zuletzt sei noch auf den zu erwartenden Peak im Bereich des „(neo)terminalen Ileums“ hingewiesen, der sich aus der typischen Manifestation des M. Crohn ergibt.

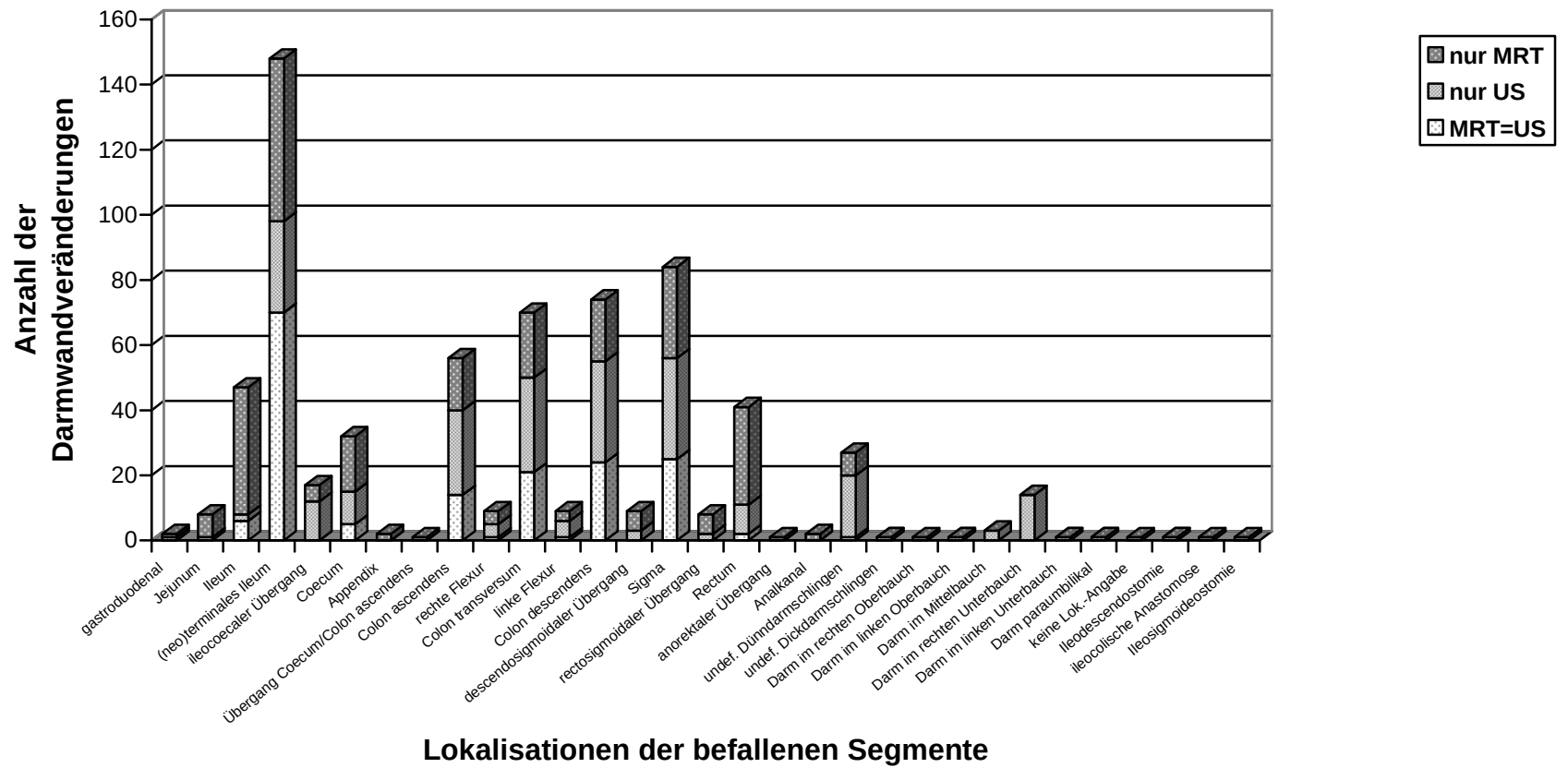


Abb. 10: Lokalisationen der befallenen Segmente - Darmwandveränderungen

5.4.3.1.3 Spezifizierung der Darmwandveränderungen

Die Aufgliederung der pathologischen Darmwandveränderungen in „Wandverdickung“, „Hyperperfusion/erhöhte KM-Aufnahme“ und „Entzündung/Befall“ soll im Folgenden Gegenstand der Untersuchung sein. Zum Vergleich werden die 171 Lokalisationen (Fallgruppe B, E, F und H), die sowohl in der Sonographie als auch in der MR-Enterographie beschrieben wurden, herangezogen. Es handelt sich hierbei um eine segmentbezogene Auswertung.

Darstellung der 171 zu vergleichenden Lokalisationen...

...im US:

...und im MRT:

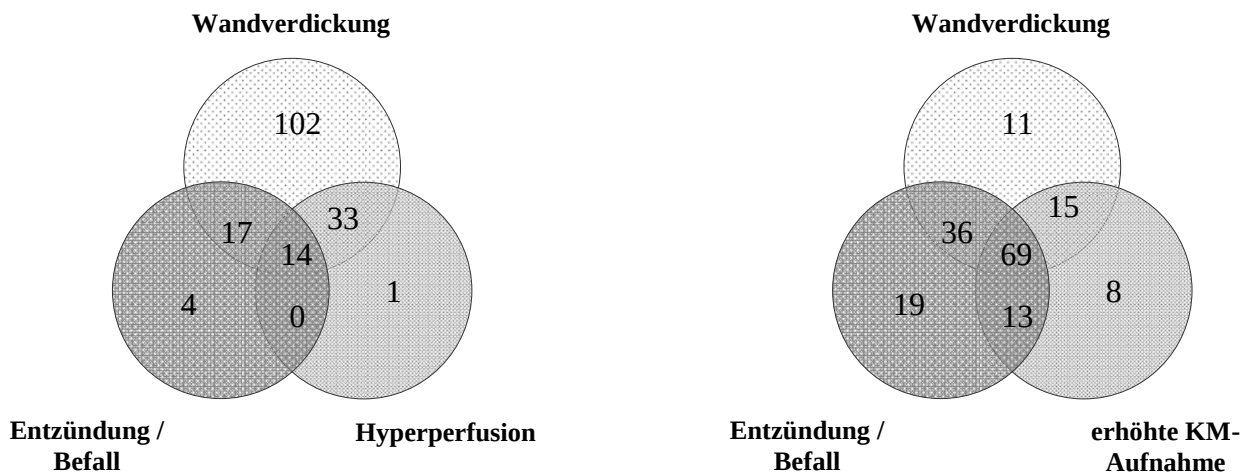


Abb. 11: Segmentbezogene Spezifizierung der Darmwandveränderungen I

Ein Befund kann sich rein deskriptiv halten, indem er die Beschreibung „des Darmsegment ist wandverdickt“ enthält, oder eine Wertung abgeben, wenn aus ihm hervor geht, das ein Darmsegment „entzündet“ oder „befallen“ ist (siehe auch Tabelle 15). Die dunkelgrauen Kreise der obigen Schemata spiegeln die für therapeutische Konsequenzen am meisten relevanten Informationen wider, da sie diejenigen Fälle enthalten, in denen die Darmwandveränderungen als entzündet bzw. als befallen im Rahmen der Grunderkrankung gewertet wurden. Bei der Beschreibung einer alleinigen Darmwandverdickung (hellgraue Kreise) als unspezifisches Zeichen ist eine therapeutische Entscheidung schwierig.

Die sonographischen Befunde hielten sich am häufigsten deskriptiv: Bei 102 der 171 Lokalisationen (59,6%) wurde lediglich eine Wandverdickung beschrieben, ohne diese explizit als Befall oder Entzündung im Rahmen der CED zu werten. Hingegen wird der Großteil der 171 Lokalisationen, nämlich 69 (40,4%), in der MR-Enterographie zunächst als Wandverdickung und erhöhte KM-Aufnahme der Darmwand beschrieben und schließlich als Entzündung bzw. Befall gewertet.

Die Summe der als Entzündung bzw. Befall gewerteten Lokalisationen belief sich auf 35 (17+14+4) d.h. 20,5% in der Sonographie und auf 137 (36+69+19+13) d.h. 80,1% in der MR-Enterographie.

Segmentbezogener Vergleich der 171 Lokalisationen:

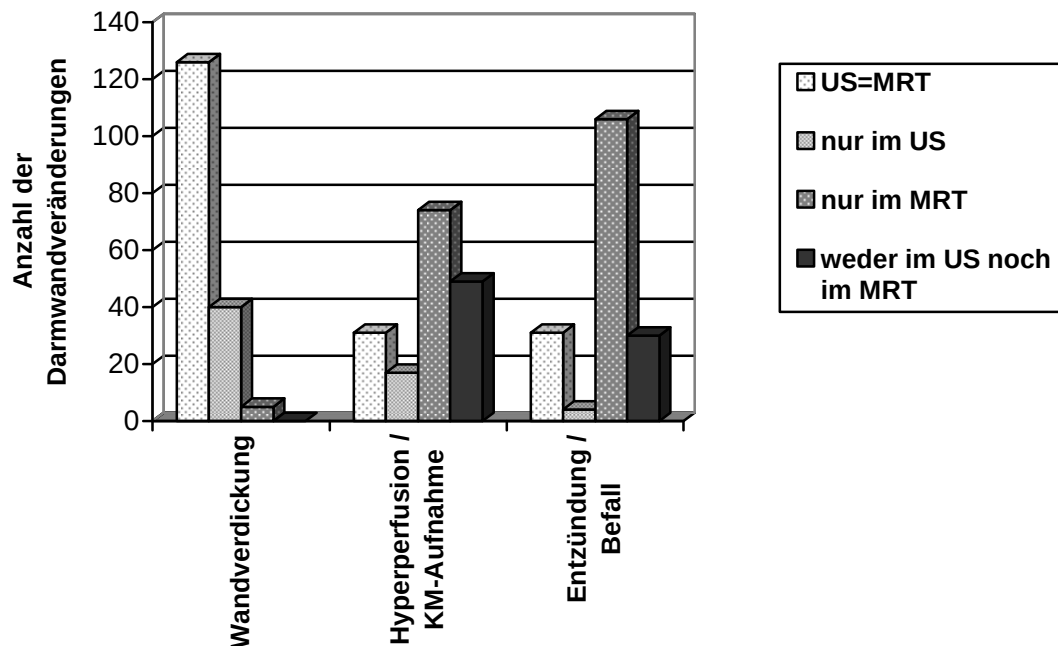


Abb. 12: Segmentbezogene Spezifizierung der Darmwandveränderungen II

Folgende Aussagen können aufgrund dieses Diagramms getroffen werden:

1. Der dunkelgraue Balken in der Rubrik „Entzündung/Befall“ bedeutet, dass 106 von 171 (62,0%) befallenen Segmenten nur durch die MR-Enterographie als entzündet bewertet wurden.
2. Demgegenüber wurden nur 4 Segmente (2,3%) von der MR-Enterographie nicht als befallen oder entzündet interpretiert, jedoch in der Sonographie diesbezüglich positiv befundet.
3. Die Dominanz des mittelgrauen Balkens gegenüber dem dunkelgrauen Balken in der Rubrik „Wandverdickung“ stellt diejenigen Lokalisationen dar, die lediglich in der Sonographie als Wandverdickung beschrieben wurden, nicht aber in der MR-Enterographie.

5.4.3.1.4 Längenausdehnung der Darmwandveränderungen und Wanddicke

Im Folgenden soll ein Vergleich der Längenausdehnung sowie der angegebenen Wanddicken der betroffenen Darmabschnitte zwischen beiden Modalitäten vorgenommen werden. Grundlage hierzu stellen die 118 Fälle dar, bei denen die identischen Lokalisationen für die befallenen Segmente – 171 an der Anzahl – gefunden wurden.

Längenausdehnung:

Zum Vergleich bezüglich der Längenausdehnung liegen insgesamt 23 von 171 betroffenen Segmenten (13,5%) vor, die sowohl in der Sonographie als auch in der MR-Enterographie ausgemessen wurden. Von den verbliebenen 148 Lokalisationen (86,5%) versäumten 58,8% (87/148) der Befunder in beiden Modalitäten die Quantifizierung der befallenen Segmente. Zu 28,4% (42/148) geht der mangelnde Vergleich allein zu Lasten der Ultraschaller, hingegen zu 12,8% (19/148) allein zu Lasten der MRT Befunder.

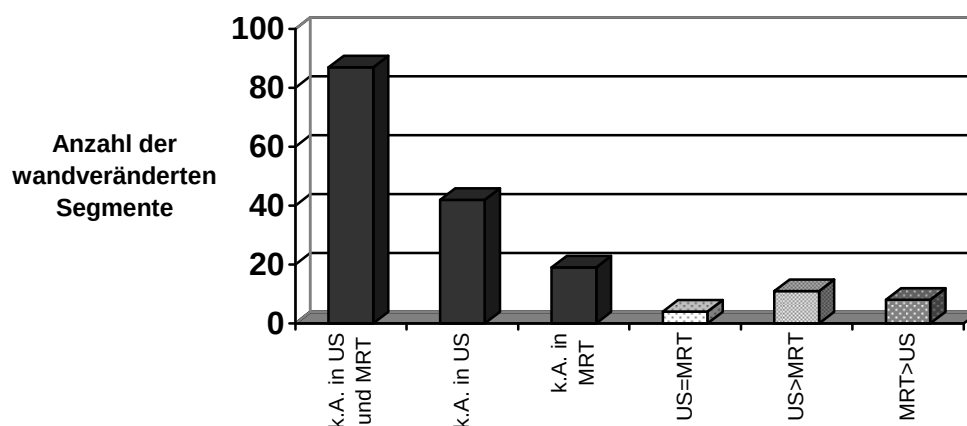


Abb. 13: Vergleich der Längenausdehnung der Darmwandveränderungen I

Von den 23 vergleichbaren Segmenten werden 4 in der Sonographie und im MRT vergleichbar lang ausgemessen, 11 von 23 werden in der Sonographie länger ausgemessen, 8 von 23 hingegen in der MRT länger ausgemessen. Eine detaillierte Auflistung mit entsprechender Lokalisation ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

	Laufnr.	US	MRT	Differenz	Lokalisation
US = MRT (17,4 %)	57	langstreckig	langstreckig (ca. 20cm)		(neo)terminales Ileum
	398	langstreckig	10-12cm	????	neoterminals Ileum
	461	langstreckig	langstreckig		terminales Ileum
	675	kurzstreckig	4cm	????	rechte Colonflexur
US > MRT (47,8 %)	93	7cm	5cm	2cm	neoterminals Ileum
	168	7cm	6cm	1cm	neoterminals Ileum
	169	15cm	6cm	9cm	neoterminals Ileum
	240	15cm	7cm	8cm	neoterminals Ileum
	355	8-10cm	7cm	1-3cm	neoterminals Ileum
	392	15cm	6cm	9cm	terminales Ileum
	400	20cm	12cm	8cm	neoterminals Ileum
	436	9cm	6-7cm	2-3cm	Colon descendens
	503	8-10cm	5cm	3-5cm	terminals Ileum
	725	10cm	5-8cm	2-5cm	neoterminals Ileum
	879	10cm	3cm	7cm	(präterminales) Ileum
MRT > US (34,8 %)	87	11cm	15cm	4cm	terminales Ileum
	192	15cm	15-20cm	0-5cm	terminales Ileum
	220	25cm	30cm	5cm	(neo)terminales Ileum
	305	10cm	20cm	10cm	terminales Ileum
	339	kurzstreckig	längerstreckig	???	(präterminales) Ileum
	664	10cm	gesamtes term. Ileum	???	terminales Ileum
	665	10cm	15cm	5cm	terminales Ileum
	748	8cm	20cm	12cm	terminales Ileum

Tab. 17: Vergleich der Längenausdehnung der Darmwandveränderungen II

Entgegen den Erwartungen werden fast die Hälfte aller ausgemessenen Lokalisationen im Mittel um 5,1cm in der Sonographie länger ausgemessen (min 1cm, max 9cm Differenz), hingegen nur 34,8% im Mittel um 6,7cm länger in der MR-Enterographie (min 0cm, max 12cm Differenz).

Wanddicke:

Ein Vergleich bezüglich der Wanddicke kann für insgesamt 126 Segmente vorgenommen werden (siehe gelber Balken in Abb. 12). Von diesen 126 Segmenten werden 21 (16,7%) weder im US noch im MRT quantifiziert, d.h. es liegt in beiden Modalitäten keine Angabe der Wanddicke in mm vor. 103 der 126 Segmente können nicht verglichen werden, da hier keine Wanddicken in den MRT-Befunden angegeben werden im Gegensatz zu den US-Befunden. Es bleiben lediglich 2 zu vergleichende Lokalisationen mit jeweils in der MR-Enterographie dicker ausgemessener Wand:

1. neoterminals Ileum: 5mm (US) versus 11mm (MRT)
2. terminals Ileum: 5mm (US) versus 6mm (MRT)

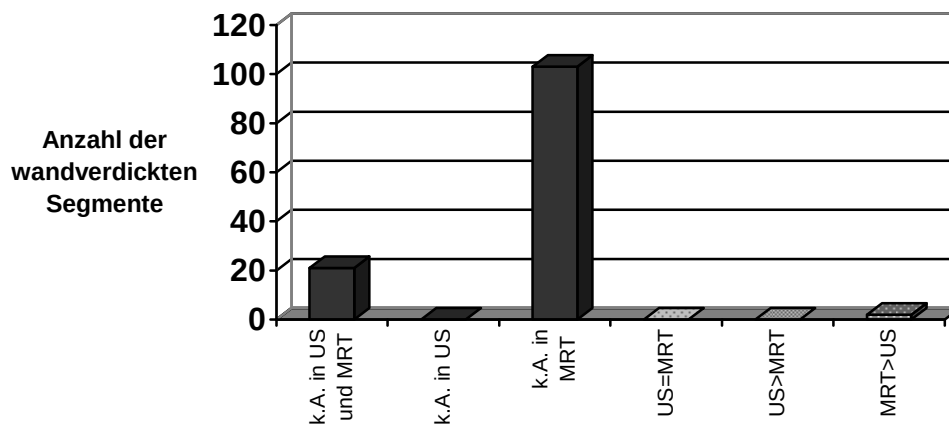


Abb. 14: Vergleich der Wanddicke der Darmwandveränderungen

5.4.3.1.5 Patientenbezogener Vergleich unter Berücksichtigung der Lokalisation

Da es in der Praxis nicht auf die Summe aller Segmente der 250 Fällen ankommt, sondern vielmehr das einzelne therapeutische Procedere eines einzelnen Patienten im Vordergrund steht, werden nun 4 Patientengruppen gebildet (siehe 4.4.3).

- I. Alle Patienten, die weder beim US noch bei der MRT einen Befund i.S.e. Entzündung/Befalls haben (z.B. Patienten mit nur Wandverdickung oder nur Hyperperfusion)
- II. Alle Patienten, die sowohl beim US als auch bei der MRT einen oder mehrere Befunde haben i.S.e. Entz./Befalls
- III. Alle Patienten, die ausschließlich beim US einen oder mehrere Befunde i.S.e. Entz./Befalls haben, nicht aber bei der MRT
- IV. Alle Patienten, die ausschließlich bei der MRT einen oder mehrere Befunde i.S.e. Entz./Befalls haben, nicht aber beim US

Bei allen Gruppen wird nicht differenziert, ob 1 oder mehrere Segmente befallen sind. Es kommen jedoch vorerst nur die Patienten mit den identischen betroffenen Segmenten zur Auswertung.

Entz./Befall		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 151 (60,4%)	III: 3 (1,2%)
	ja	IV: 75 (30,0%)	II: 21 (8,4%)

Summe: 151+3+75+21 = 250 Fälle

Tab. 18: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall mit identischer Lokalisation

Man beachte die beträchtliche Anzahl der MRT-positiven Befunde bei negativem US-Befund (IV) gegenüber der geringen Anzahl an US-positiven Befunden bei negativem MRT-Befund (III).

D.h. einer Sonographie entgehen bei 30% aller Patienten mittels MRT gut nachweisbare entzündliche/befallene Darmabschnitte, wenn die Hypothese, dass alle beschriebenen Darmwandveränderungen in der Realität vorliegen, angenommen wird.

Nimmt man zusätzlich die Gruppe der „Hyperperfusion/KM-Aufnahme“ hinzu, verändern sich die Zahlen wie folgt:

Entz./Befall und/oder Hyperperfusion/KM-Aufnahme		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 137 (54,8%)	III: 3 (1,2%)
	ja	IV: 64 (25,6%)	II: 46 (18,4%)

Tab. 19: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall und/oder Hyperperfusion/KM-Aufnahme mit identischer Lokalisation

Hier gilt Analoges zu oben. Die prozentual größte Gruppe mit 54% bilden hier die 137 Fälle (I), in denen weder die Sonographie noch die MR-Enterographie Darmwandveränderungen im Sinne einer Entzündung/eines Befalls oder Hyperperfusion/KM-Aufnahme sah. Demgegenüber stehen 21 von 250 Patienten (8,4%; siehe Tab. 16), die bezüglich Darmwandveränderungen im MRT und in der Sonographie unauffällig waren. Das liegt im Wesentlichen daran, dass bisher nur die 171 identischen Lokalisationen betrachtet wurden. Nun sollen alle 673 Lokalisationen in die Auswertung eingehen, unabhängig davon, ob die befallenen Darmsegmente verschiedene Lokalisationen betreffen.

5.4.3.1.6 Patientenbezogener Vergleich ohne Berücksichtigung der Lokalisation

Im Gegensatz zur bisherigen Betrachtung von identischen Segmenten, liegt den nachfolgenden Auswertungen der Gedanke zugrunde, dass ein Patient mit in beiden Modalitäten beschriebenen pathologischen Darmwandveränderungen jedoch verschiedener Lokalisation oder verschiedener Anzahl betroffener Segmente konservativ die gleiche Therapie erhält (Ausnahme: rectosigmoidalen Befall).

Entz./Befall		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 83 (33,2%)	III: 6 (2,4%)
	ja	IV: 132 (52,8%)	II: 29 (11,6%)

Tab. 20: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall unabhängig von der Lokalisation

Auch in dieser Betrachtungsweise wird die sich oben schon abzeichnende Tendenz beibehalten. Es steigt sogar der Anteil der MRT-positiven Befunde bei US-negativem Befund noch weiter auf über 50% (IV) an. Diese wurden durch die Sonographie nicht erkannt bzw. nicht als solche bewertet.

Hier kann nun in Analogie zu oben noch die Gruppe der Hyperperfusion und verstärkten KM-Aufnahme der Darmwand noch hinzugenommen werden. So ergeben sich folgende Werte:

Entz./Befall u/o Hyperperf./KM+		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 51 (20,4%)	III: 10 (4,0%)
	ja	IV: 131 (52,4%)	II: 58 (23,2%)

Tab. 21: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall und/oder Hyperperfusion/KM-Aufnahme unabhängig von der Lokalisation

Wenn man letztendlich noch die unspezifische Gruppe der Wandverdickung miteinberechnet, d.h. sämtliche Formen der pathologischen Darmwandveränderungen betrachtet, so ergeben sich folgende Werte:

Wv u/o Hp/KM+ u/o Entz./Befall		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 21 (8,4%)	III: 28 (11,2%)
	ja	IV: 38 (15,2%)	II: 163 (65,2%)
Signifikanz nach McNemar: 0,253			

Tab. 22: Vierfeldertafel – sämtliche Darmwandveränderungen unabhängig von der Lokalisation

Der Unterschied zwischen der MRT und dem US zur Detektion von pathologischen Darmwandveränderungen ist nach McNemar nicht statistisch signifikant.

Ausgangspunkt sollen nun die Patientengruppen III und IV der letzten Tabelle sein, hinter denen sich die Fälle verbergen, die bei Verwendung von nur einer Modalität dem Nachweis entgangen wären. Hier nochmals die Anmerkung, dass kein Vergleich mit einem Standard (konv. Enteroklysm, Koloskopie, OP) erfolgte. Die vorherigen Tabellen werden nicht weiter betrachtet, da hier z.B. ein im MRT als entzündlich gewertetes Segment zumindest im US als Wandverdickung oder als Hyperperfusion erkannt wurde.

Gruppe III (C):

Bei diesen 28 Patienten wurde MR-tomographisch keine pathologische Darmwandveränderung beschrieben, hingegen lag ein positiver US-Befund diesbezüglich vor. Die Suche nach möglichen Begründungen für diese Diskrepanz liefert folgende Ergebnisse:

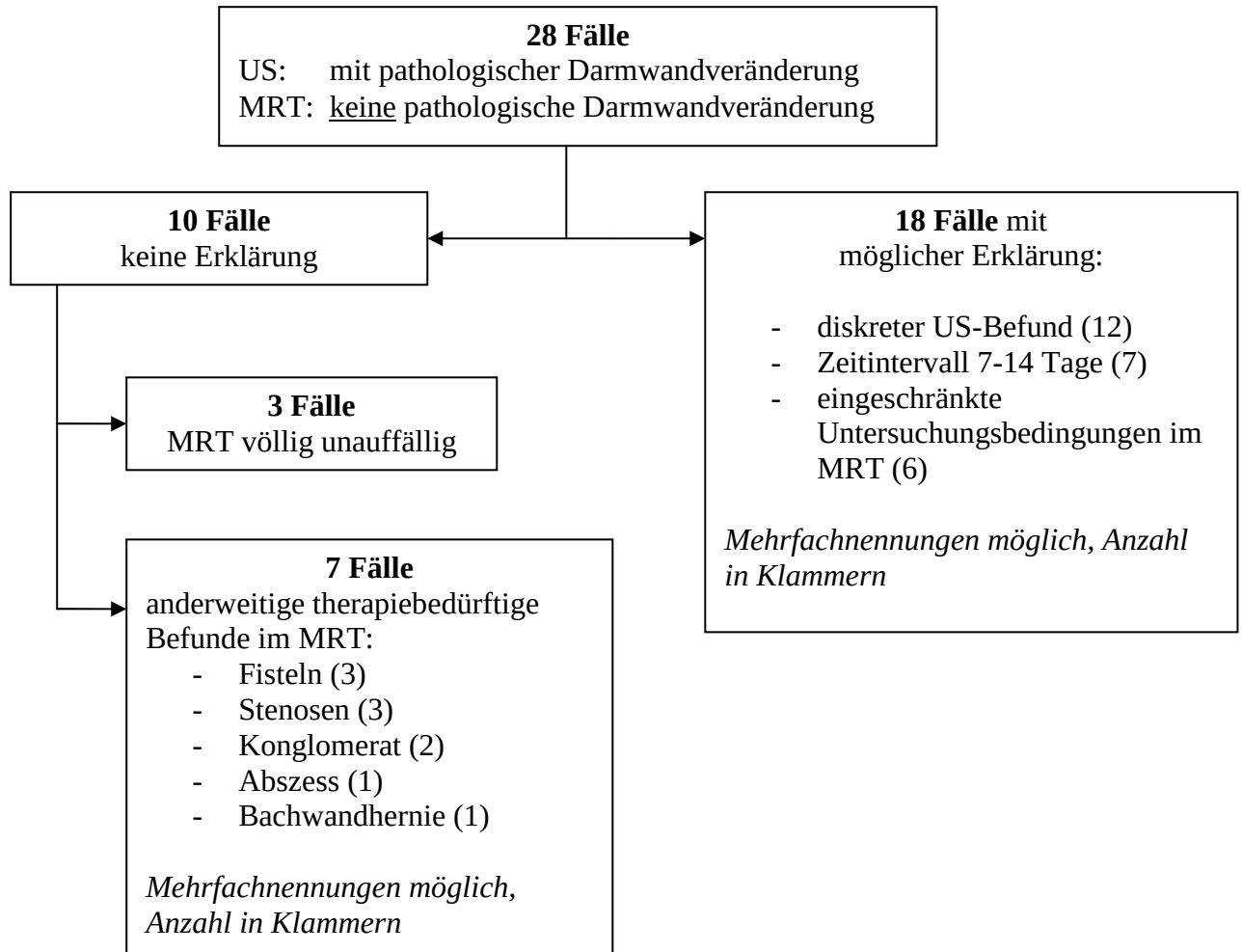


Abb. 15: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde US>MRT - Darmwandveränderungen

Unter den 28 Fällen finden sich in 10 Fällen (35,7%) keine möglichen Erklärungen für die Diskrepanz. Jedoch weisen 7 von den genannten 10 Fällen anderweitige therapiebedürftige Befunde in der MR-Enterographie auf, darunter hauptsächlich Fisteln und Stenosen. Die restlichen 3 der 10 Fälle wurden bei der MRT völlig unauffällig befundet. Die Liste der möglichen Erklärungen für die Diskrepanz wird angeführt von „diskreten US-Befunden“ in 12 Fällen. Hier wird eine Darmwanddicke von bereits 3 mm teilweise als pathologisch angesehen. Die übrigen Erklärungen sind der obigen Grafik zu entnehmen.

28 Fälle Darmwandveränderungen US>MRT	US-Erfahrung	
	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	9	9
Keine Erklärung	3	7

Tab. 23: Einfluss der sonographischen Erfahrung US>MRT - Darmwandveränderungen

Unter den Schallern fanden sich 16 Untersucher mit sehr guter Erfahrung im Darmschall gegenüber 12 mit mäßiger Erfahrung. Die Dominanz der erfahreneren Schaller könnte in Verbindung gebracht werden mit der „höheren Ausbeute“ an befallenen Segmenten in der Sonographie gegenüber dem MRT.

Gruppe IV (D):

Nun sollen die 38 Patienten differenziert betrachtet werden, die im MRT pathologische Darmwandveränderungen aufweisen, nicht jedoch in der Sonographie. Analog zur obigen Auswertung ergeben sich folgende Gründe für die diskrepanten Befunde:

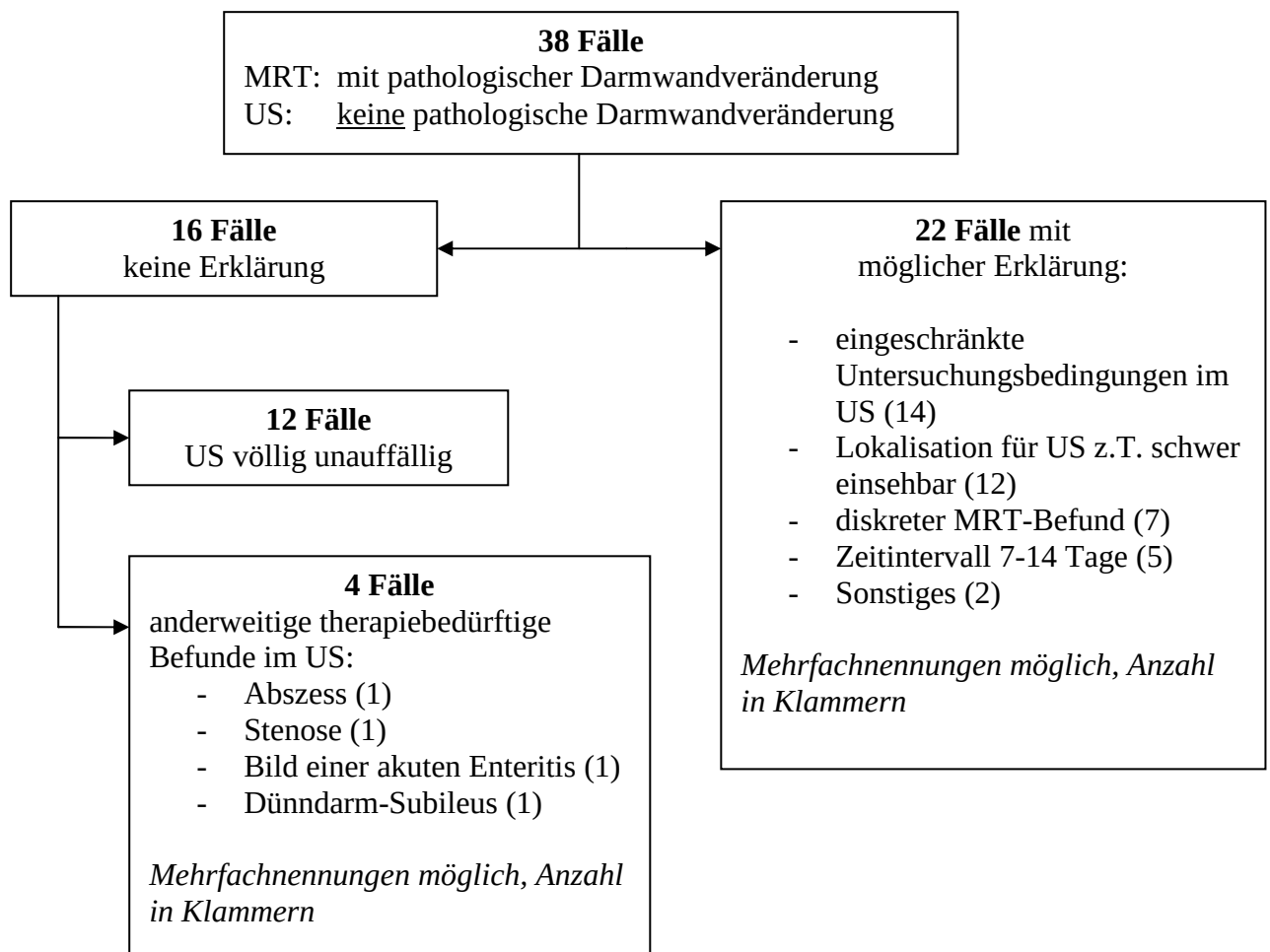


Abb. 16: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Darmwandveränderungen

In 16 von 38 Fällen (42,1%) findet sich keine Erklärung für die Diskrepanz „MRT>US“. Darunter weisen zumindest 4 Fälle anderweitige therapiebedürftige Befunde im Ultraschall auf. Hingegen wären in 12 Fällen ohne Diagnostik mittels MR-Enterographie die Patienten bei ausschließlicher Anwendung der Sonographie aufgrund des komplett unauffälligen Befundes keiner Therapie oder weiterführenden Diagnostik zugeführt worden. Hauptgrund für die Diskrepanz „MRT>US“ sind die eingeschränkten Untersuchungsbedingungen im US, hier 14 Fälle mit z.B. ausgeprägter Darmgasüberlagerung oder Adipositas permagna.

38 Fälle Darmwandveränderungen MRT>US	US-Erfahrung	
	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	12	10
Keine Erklärung	13	3

Tab. 24: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Darmwandveränderungen

Der Einfluss der Erfahrung des Untersuchers liefert folgende Ergebnisse:

- Die 38 Fälle wurden von 25 Schallern mit mäßiger Erfahrung sowie 13 Schallern mit sehr guter Erfahrung untersucht.
- Die 16 Patienten, in denen sich keine Erklärung für die Diskrepanz fand, wurden in der überwiegenden Anzahl von nur mäßig Erfahrenen (13mal) untersucht.

Somit deuten die Zahlen auf eine Abhängigkeit der Befunde von der Erfahrung des Untersuchers hin.

5.4.3.2 Stenosen

5.4.3.2.1 Patientenbezogene Auswertung unter Berücksichtigung der Lokalisation

Fallbezogen ergibt sich in der Kategorie „Stenosen“ unter Einschluss aller Fälle mit beschriebenen „Lumeneinengungen“ folgende Aufschlüsselung:

Fallzuordnung**	US=MRT*	US>MRT*	MRT>US*	Anzahl der Fälle	Prozentualer Anteil von 250 Fällen
A	0	0	0	150	60,0%
B	X	0	0	6	2,4%
C	0	X	0	8	3,2%
D	0	0	X	72	28,8%
E	X	X	0	1	0,4%
F	X	0	X	5	2,0%
G	0	X	X	8	3,2%
H	X	X	X	0	0,0%

***Legende:**
X = Stenose(n) liegt(/-en) vor
0 = Stenose liegt nicht vor

****Fallzuordnung:**
A = Stenose(n) liegt(/-en) weder beim US noch bei der MRT vor
B = Stenose(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation)
C = Stenose(n) liegt(/-en) nur beim US vor
D = Stenose(n) liegt(/-en) nur bei der MRT vor
E = Stenose(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzliche Stenose(n) nur beim US
F = Stenose(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzliche Stenose(n) nur bei der MRT
G = Stenose(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor, aber unterschiedliche Lokalisation
H = Stenose(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor mit nur teilweise gleicher Lokalisation

Tab. 25: Tabellarische Fallzuordnung - Stenosen

Das bedeutet, dass in 156 von insgesamt 250 Fällen (A+B, 62,4%) Konsensus zwischen Sonographie und MR-Enterographie bestand. Darin sind all diejenigen Fälle enthalten, in denen entweder in beiden Modalitäten jeweils keine Stenose oder aber Stenosen der exakt gleichen Lokalisation und Anzahl entdeckt wurden. Demgegenüber stehen 88 Fälle (C+D+G, 35,2%), in denen die Befunde divergierten, d.h. kein Konsensus bestand. Dabei bildete die Gruppe D (nur im MRT nachgewiesene Stenosen) den größten Anteil mit 72 Fällen. In 6 Fällen bestanden zusätzlich zu gemeinsam identifizierten Befunden noch Stenosen in nur einer Modalität oder anderer Lokalisation (E+F+H, 2,4%).

Bezüglich therapeutischer Konsequenzen am kritischsten zu bewerten sind die Gruppen C und D, da bei ausschließlicher Verwendung der Sonographie 72 Fälle und bei ausschließlicher Verwendung der MR-Enterographie 8 Fälle mit Stenosen dem Nachweis entgangen wären und damit möglicherweise keiner entsprechenden Therapie zugeführt worden wären. Konsekutiv wurden Stenosen in 28,8% durch den US nicht erkannt gegenüber 3,2% durch MRT. Hierfür werden später noch entsprechende Erklärungen geliefert (siehe 5.4.3.2.5).

5.4.3.2.2 Segmentbezogene Auswertung

Analog zur Auswertung der Kategorie „Darmwandveränderungen“ folgt nun eine segmentbezogene Betrachtungsweise. Es ergeben sich folgende Eckdaten:

Unter den 250 Fällen wurden bei 100 Fällen (Differenz aus Gesamtfallzahl 250 und Anzahl Gruppe A) 167 Stenosen nachgewiesen. Darunter wurden 32 Stenosen in der Sonographie und 148 in der MR-Enterographie beschrieben. Die Zahl der Stenosen der gleichen Lokalisation in beiden Modalitäten belief sich auf 13 Segmente. 19 stenosierende Segmente wurden zusätzlich oder nur durch die Sonographie aufgedeckt gegenüber 135 durch die MR-Enterographie.

Wie zu erwarten zeigen die zugehörigen Lokalisationen einen Peak im (neo)terminalen Ileum.

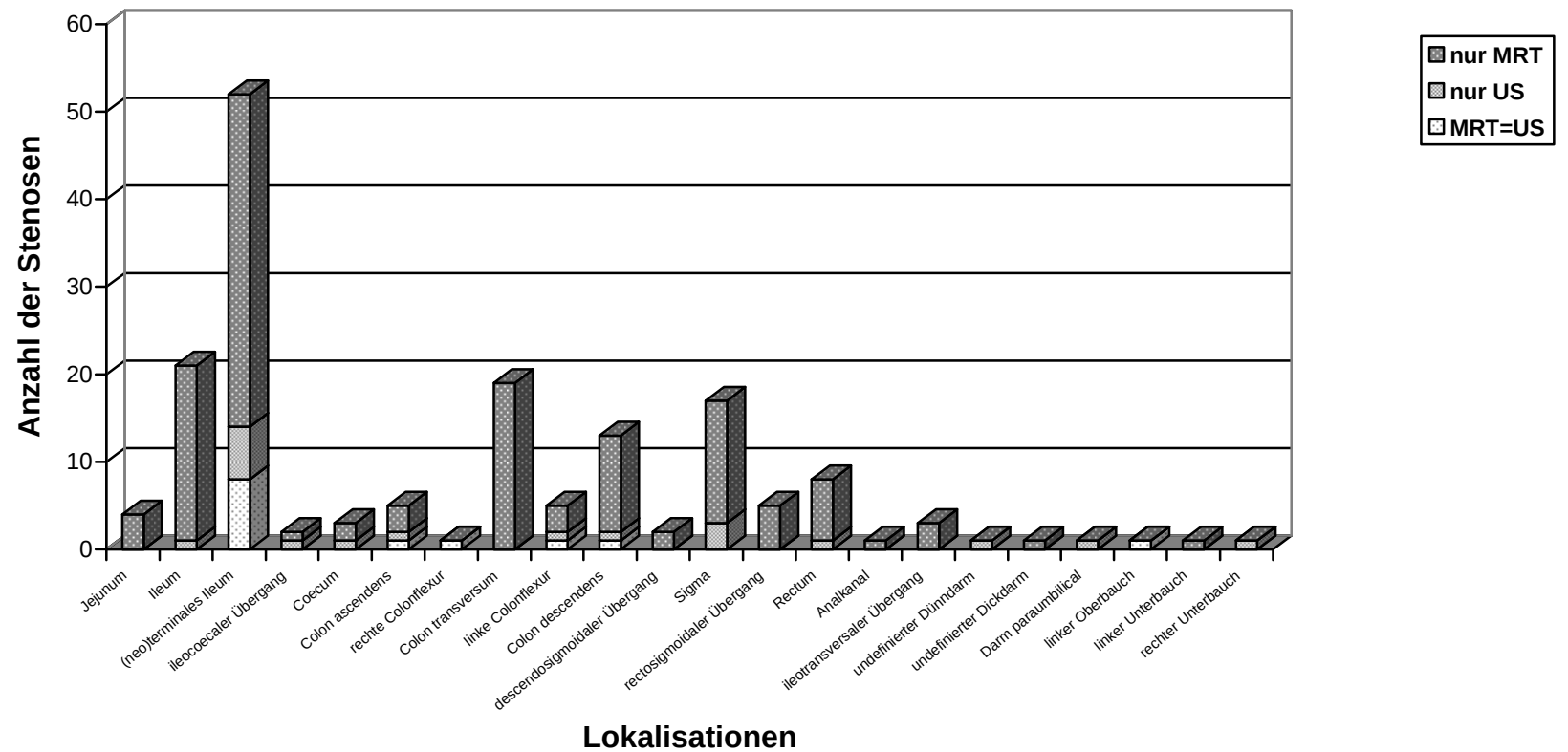


Abb. 17: Lokalisationen der befallenen Segmente – Stenosen

5.4.3.2.3 Indirekte Zeichen einer Stenose

Schließlich wurden auch all diejenigen Fälle ermittelt, in denen sich indirekte Zeichen einer Stenose fanden. Dazu zählen Veränderungen im Sinne einer „prästenotischen Dilatation“ oder die Beschreibung von „Pendelperistaltik“ im Ultraschall.

Die Grafiken zeigen zugleich, ob bei entsprechenden indirekten Zeichen in einer Modalität eine Stenose, ebenfalls nur indirekte Zeichen einer Stenose oder keine Stenose in der anderen Modalität beschrieben wurde.

Damit erhöht sich die Anzahl der potentiellen Stenosen um 20 Fälle in der Sonographie und um 10 Fälle in der MR-Enterographie. Methodisch bedingt war lediglich die Sonographie in der Lage, Pendelperistaltik zu erkennen und zwar in 13 der 20 Fälle. Die MR-Enterographie hingegen konnte sich nur der Beschreibung einer „prästenotischen“ Dilatation als indirektes Zeichen einer Stenose bedienen, wenn die Stenose selbst nicht visualisiert werden konnte.

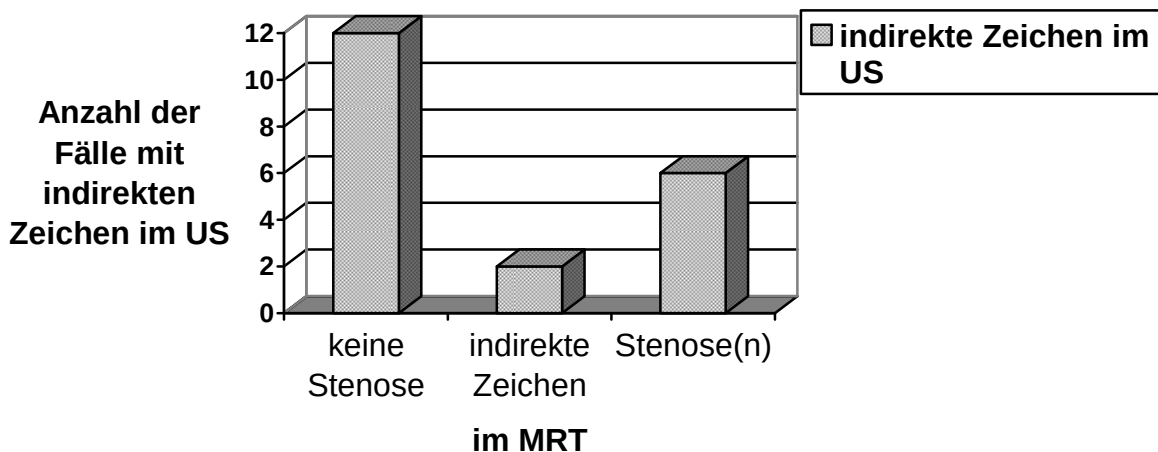


Abb. 18: Indirekte Stenosezeichen in der Sonographie

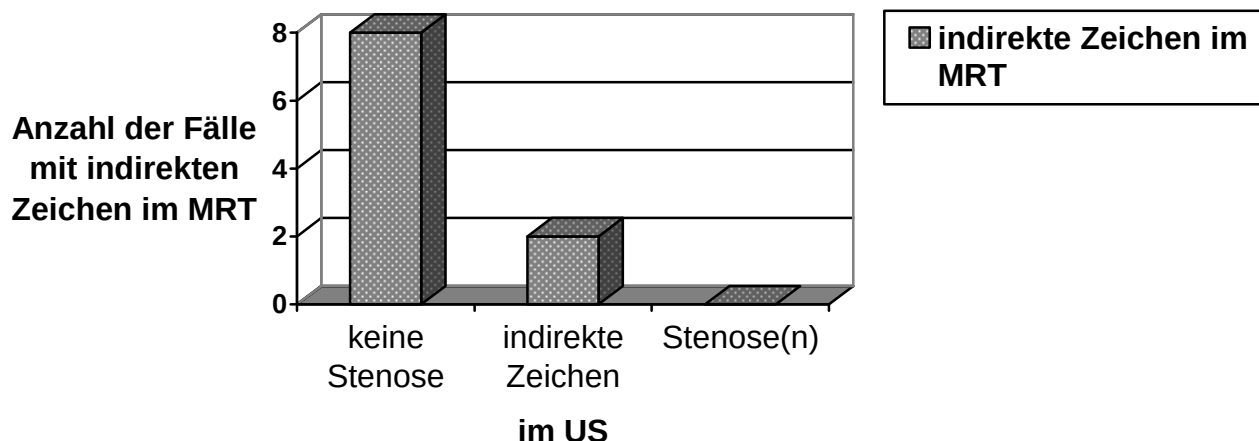


Abb. 19: Indirekte Stenosezeichen in der MR-Enterographie

5.4.3.2.4 Grad der Lumeneinengung und Vergleich der Längenausdehnung

Zum direkten Vergleich der gemeinsam beschriebenen Stenosen standen insgesamt 12 Fälle mit 13 Stenosen zur Verfügung. Ausgewertet wurde neben dem Grad der Lumeneinengung die Länge der Stenosen. Auch hierbei fehlten in beiden Modalitäten oftmals die entsprechenden Angaben, tendenziell in der Sonographie häufiger als in der MR-Enterographie. Die vergleichbaren Fälle bezüglich des Grades der Lumeneinengung beliefen sich damit auf null. Zumindest 5 der 13 Lokalisationen erfuhren in beiden Modalitäten eine Quantifizierung bezüglich der Stenosenlänge. Dabei wurden in allen 5 Fällen die Stenosen sonographisch länger ausgemessen, im Mittel mit 3,9cm länger (min 2cm, max 8cm Differenz).

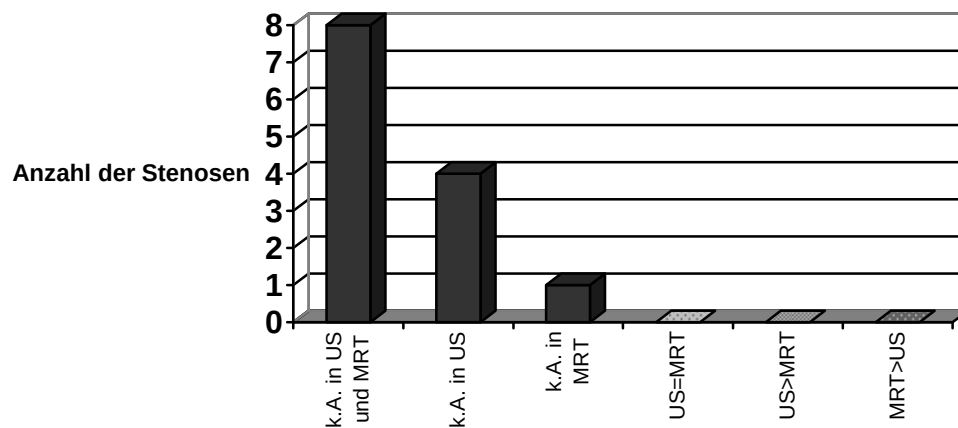


Abb. 20: Vergleich des Grades der Lumeneingengung der Stenosen

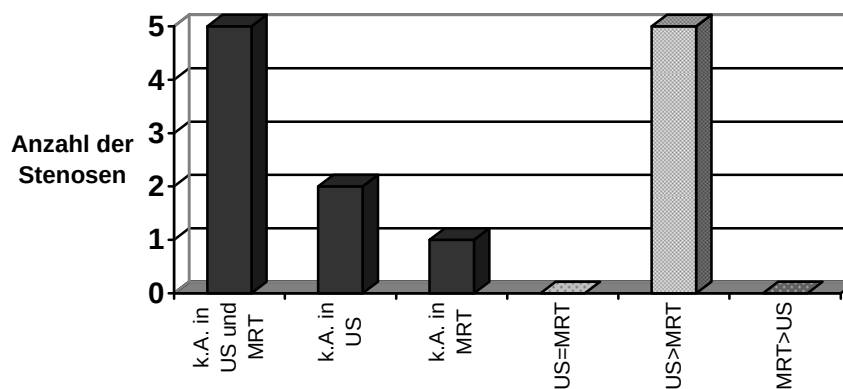


Abb. 21: Vergleich der Längenausdehnung der Stenosen I

Laufnummer	Lokalisation	Länge im US	Länge im MRT	Differenz US>MRT
18	linke Flexur	5cm	3cm	2cm
18	Colon ascendens	7cm	2cm	5cm
93	neoterm. Ileum	7cm	5cm	2cm
240	neoterm. Ileum	15cm	7cm	8cm
436	Colon descendens	9cm	6-7cm	2-3cm

Tab. 26: Vergleich der Längenausdehnung der Stenosen II

5.4.3.2.5 Patientenbezogene Auswertung ohne Berücksichtigung der Lokalisation

Bildung von 4 Patientengruppen:

- V. Alle Patienten, bei denen weder beim US noch bei der MRT eine Stenose nachweisbar ist (A)
- VI. Alle Patienten, bei denen sowohl beim US als auch bei der MRT eine oder mehrere Stenosen nachweisbar ist/sind (B+E+F+G+H)
- VII. Alle Patienten, bei denen ausschließlich beim US eine oder mehrere Stenosen nachweisbar ist/sind, nicht aber bei der MRT (C)
- VIII. Alle Patienten, bei denen ausschließlich bei der MRT eine oder mehrere Stenosen nachweisbar ist/sind, nicht aber beim US (D)

Bei allen Gruppen wird nicht berücksichtigt, ob 1 oder mehrere Segmente befallen sind. Die Aufgliederung berücksichtigt auch nicht, ob die Stenosen das gleiche Segment betreffen.

Stenose(n)		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 150 (60,0%)	III: 8 (3,2%)
	ja	IV: 72 (28,8%)	II: 20 (8,0%)
Signifikanz nach McNemar: 0,000			

Tab. 27: Vierfeldertafel - Stenosen

In der Kategorie „Stenosen“ finden sich 3,2% Fälle, in denen in der Sonographie eine oder mehrere Stenosen beschrieben wurden, die im MRT nicht erkannt wurden. Dem stehen 28,8% Fälle gegenüber, in denen in der MR-Enterographie eine oder mehrere Stenosen identifiziert wurden, die nicht im Ultraschall erkannt wurden. Somit kann festgehalten werden, dass bei Patienten mit CED, die nur einer Ultraschalluntersuchung zugeführt werden, in 28,8% Fällen eine Stenose übersehen wird, wenn man davon ausgeht, dass jede im MRT beschriebene Stenose auch in der Realität vorliegt. Im umgekehrten Fall entgehen bei ausschließlicher Durchführung einer MRT nur 3,2% der Stenosen, abermals unter der Hypothese, dass alle in der Sonographie beschriebenen Stenosen auch in der Realität vorliegen. Der Unterschied in den Häufigkeiten der detektierten Stenosen zwischen MRT und US ist nach McNemar hochsignifikant ($p < 0,01$).

Wiederum gilt im Folgenden das Interesse den Gruppen III und IV.

Gruppe III (C):

Die Sonographie entdeckte in 8 Fällen Stenosen, diese entgingen der MR-Enterographie. Es folgt eine Aufschlüsselung nach möglichen Begründungen.

Ein diskreter Befund in der Kategorie „Stenosen“ liegt bei Formulierungen wie „Lumeneinengung ohne prästenotische Dilatation“, usw. vor im Gegensatz zu Ausdrücken wie „i.S.e. Stenose“, „passend zu einer Stenose“, usw.

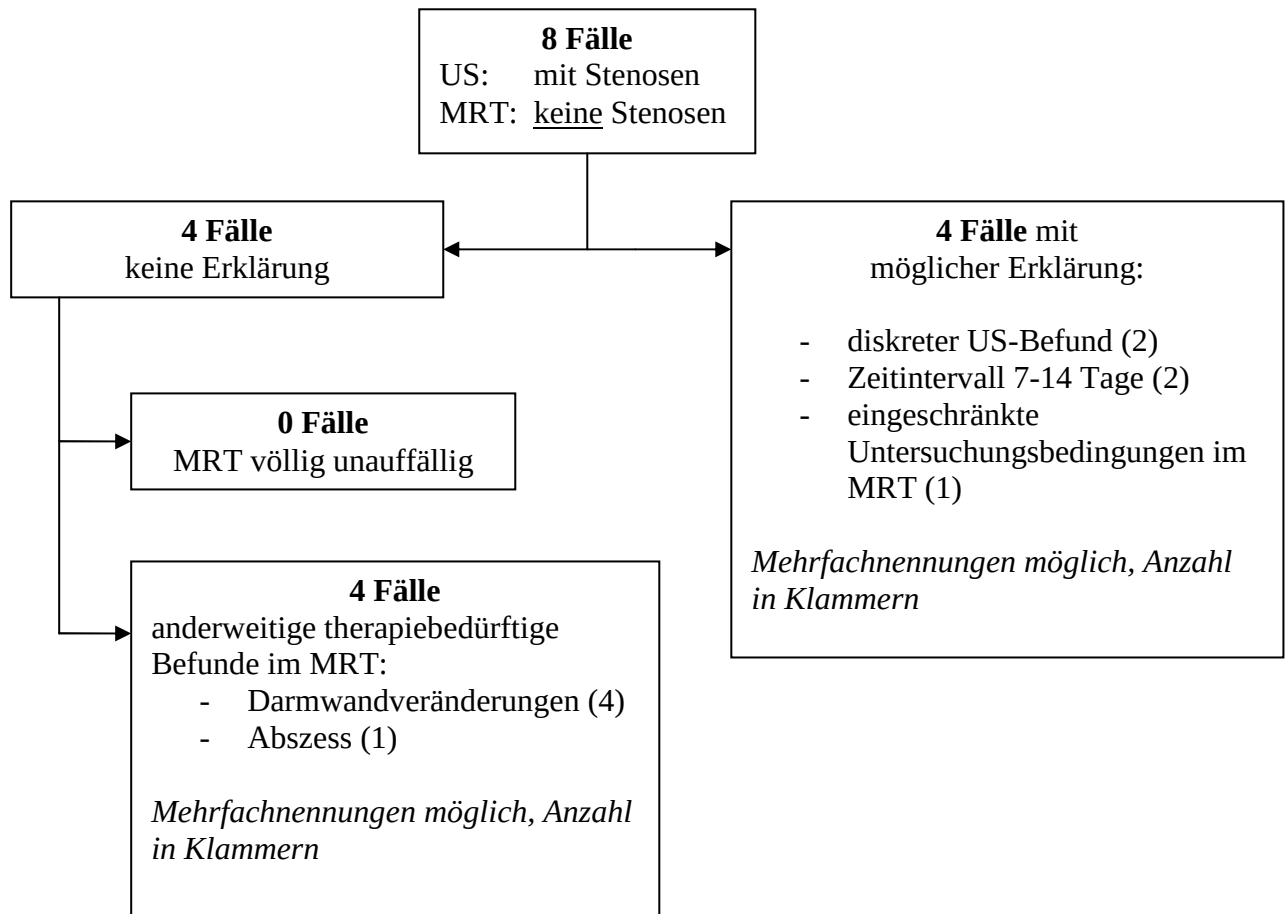


Abb. 22: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde US>MRT - Stenosen

Für die Hälfte der diskrepanten Fälle findet sich eine Erklärung. Hierbei wurde teilweise nur von einem engen Lumen, nicht jedoch von einer Stenose in der Sonographie gesprochen oder aber es bestand ein relativ langes Zeitintervall zwischen beiden Modalitäten (8 und 13 Tage). Ein Patient lehnte die rektale Kontrastierung in der MR-Enterographie ab, hier wurde dennoch eine Entzündung des Rektosigmoids in der MRT festgestellt, jedoch ohne Stenose.

Alle 4 Fälle ohne augenscheinliche Erklärung für die Diskrepanz „US>MRT“ zeigten anderweitige therapiebedürftige Befunde insbesondere pathologische Darmwandveränderungen (davon 3 mit gleicher Lokalisation wie die jeweilige Stenose im US) sowie 1 Fall mit einem zusätzlichem Abszess. Somit entging keinem Patienten in dieser Konstellation bei ausschließlicher Durchführung einer MR-Enterographie eine weitere Diagnostik bzw. eine entsprechende Therapie.

8 Fälle Stenosen US>MRT	US-Erfahrung	
	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	1	3
Keine Erklärung	1	3

Tab. 28: Einfluss der sonographischen Erfahrung US>MRT - Stenosen

Bei den 8 Fällen wurde der Ultraschall in $\frac{3}{4}$ der Fälle (6 von 8) von sehr erfahrenen Untersucher durchgeführt.

Gruppe IV (D):

Die 72 Fälle mit in der MR-Enterographie nachgewiesener Stenose ohne Korrelat im Ultraschall sind im folgenden Gegenstand der Untersuchung.

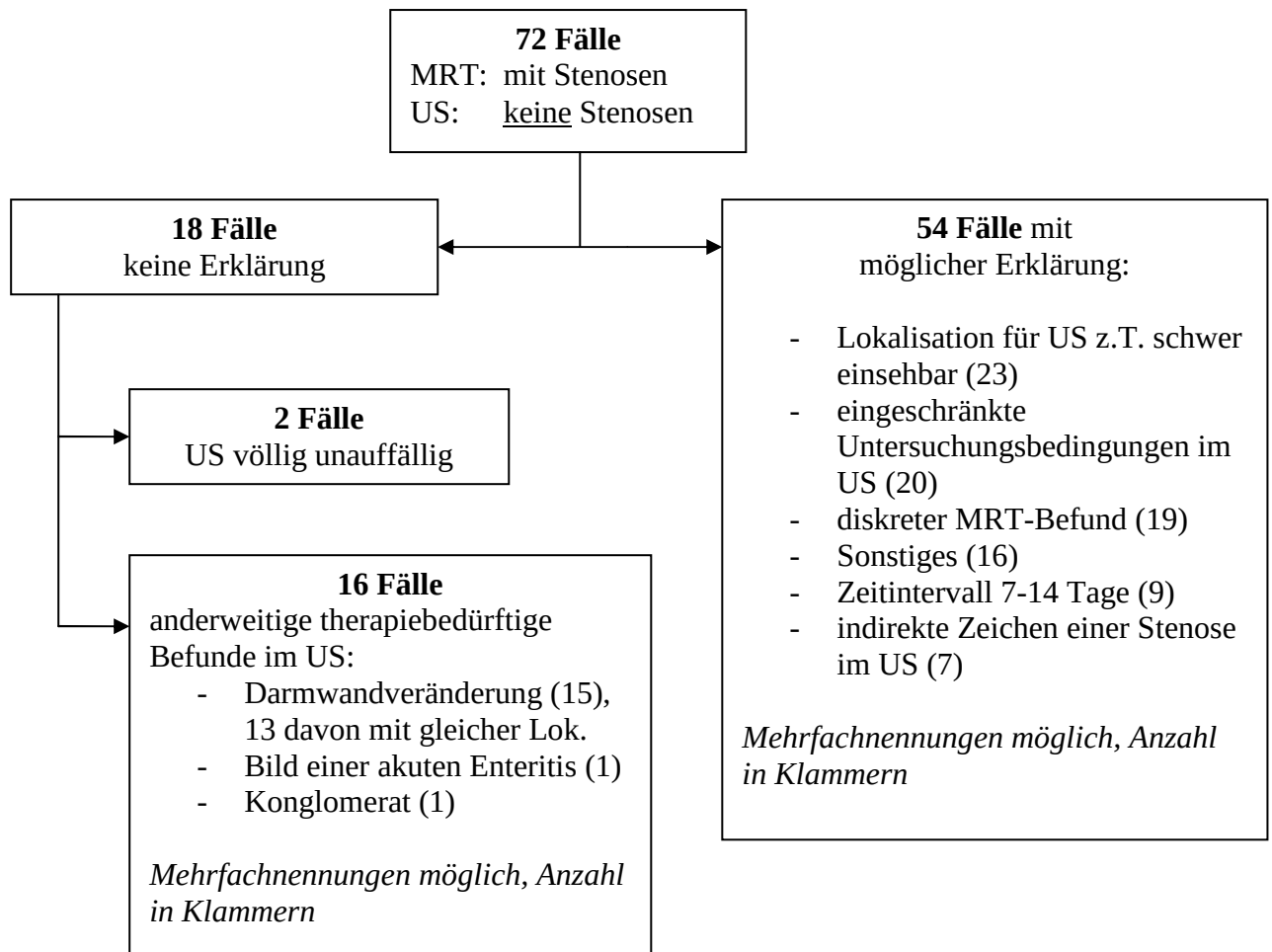


Abb. 23: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Stenosen

Ein Viertel der Fälle (18 von 72) fand keine Erklärung für die Diskrepanz „MRT>US“. Dabei waren lediglich 2 Fälle in der Sonographie völlig unauffällig, wohingegen die Mehrzahl der Fälle (16 von 18) behandlungsbedürftige Befunde im Ultraschall zeigte, insbesondere pathologische Darmwandveränderungen, die überwiegend den entsprechenden Lokalisationen der Stenosen im MRT entsprachen (13 Fälle), eben nur nicht als Stenose befundet wurden. Auf der Seite der erklärbaren Fälle (3/4 der Fälle) dominiert als Begründung, dass die beschriebenen Stenosen im MRT vorwiegend in Regionen lokalisiert sind, die der Sonographie Schwierigkeiten bereiten, z.B. rectosigmoidal. An zweiter Stelle können die eingeschränkten Untersuchungsbedingungen in der Sonographie genannt werden, insbesondere durch Luftüberlagerung (z.B. durch vorausgegangene Endoskopie), Adipositas

und fehlende Nüchternheit (z.B. bei Z.n. oraler Kontrastierung bei vorausgegangener MRT). Hinter der Begründung „diskreter Befund“ verbergen sich all diejenigen Fälle, in denen Lumeneinengungen oder Kalibersprünge im MRT beschrieben werden, ohne dass der Ausdruck Stenose gewählt wird. Zudem finden sich in den seltensten Fällen prästenotische Dilatationen.

72 Fälle Stenosen	US-Erfahrung	
MRT>US	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	33	21
Keine Erklärung	11	7

Tab. 29: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Stenosen

Die Schaller teilen sich in die Gruppe der mäßig Erfahrenen (44) und in die Gruppe der sehr Erfahrenen (28). Der hohe Anteil der nur mäßig Erfahrenen kann als weitere Erklärung für die häufiger in der MRT beschriebenen und mutmaßlich in der Sonographie übersehenen Stenosen angeführt werden.

5.4.3.3 Abszesse

5.4.3.3.1 Patientenbezogene Auswertung

Die 250 Fälle gliedern sich in der Kategorie „Abszesse“ wie folgt auf:

Fallzuordnung**	US=MRT*	US>MRT*	MRT>US*	Anzahl der Fälle	Prozentualer Anteil von 250 Fällen
A	0	0	0	221	88,4%
B	X	0	0	4	1,6%
C	0	X	0	4	1,6%
D	0	0	X	16	6,4%
E	X	X	0	1	0,4%
F	X	0	X	1	0,4%
G	0	X	X	3	1,2%
H	X	X	X	0	0%

***Legende:**
X = Abszess(e) liegt(/-en) vor
0 = Abszess liegt nicht vor

****Fallzuordnung:**
A = Abszess(e) liegt(/-en) weder beim US noch bei der MRT vor
B = Abszess(e) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation)
C = Abszess(e) liegt(/-en) nur beim US vor
D = Abszess(e) liegt(/-en) nur bei der MRT vor
E = Abszess(e) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzliche(r) Abszess(e) nur beim US
F = Abszess(e) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzlich(e) Abszess(e) nur bei der MRT
G = Abszess(e) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor, aber unterschiedliche Lokalisation
H = Abszess(e) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor mit nur teilweise gleicher Lokalisation

Tab. 30: Tabellarische Fallzuordnung - Abszesse

Damit besteht Konsensus (A+B) in insgesamt 225 Fällen (90%), wobei überwiegend in beiden Modalitäten keine Abszesse (221 Fälle / 88,4%) beschrieben wurden. Eine Divergenz der Befunde (kein Konsensus) ist für insgesamt 23 Fälle (9,2%) festzuhalten (C+D+G). In 2 Fällen fanden die Untersucher zusätzlich zu gemeinsam identifizierten Abszessen noch weitere Abszesse in jeweils nur einer Modalität. Damit liegt ein Teilkonsensus (E+F+H) in 0,8% vor.

Die bezüglich therapeutischer Konsequenzen kritischen Gruppen C und D enthalten 20 Fälle, die sich wie folgt aufgliedern: 16 Fälle mit im MRT vorliegendem Abszess, die der Sonographie entgingen (Gruppe D bzw. IV), gegenüber 4 Fällen mit in der Sonographie vorliegendem Abszess, die der MRT entgingen (Gruppe C bzw. III). Dieser Unterschied erweist sich nach McNemar als signifikant ($p < 0,05$).

Abszesse		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 221 (88,4%)	III: 4 (1,6%)
	ja	IV: 16 (6,4%)	II: 9 (3,6%)
Signifikanz nach McNemar: 0,031			

Tab. 31: Vierfeldertafel – Abszesse

Im Folgenden werden mögliche Gründe für diejenigen Fälle mit Abszessen aufgelistet, die nur in einer Modalität erkannt wurden, jedoch dem Nachweis in der Gegenmethode entgingen.

Gruppe III (C):

Es liegen insgesamt nur 4 Fälle vor, in denen die Sonographie mindestens einen Abszess beschreibt, der jedoch nicht durch die MRT bestätigt werden konnte.

Der einzige Fall ohne offensichtliche Erklärung führte letztendlich nicht zu einer Änderung des Therapieregimes aufgrund des klinischen Wohlbefindens und der nur geringen CRP-Erhöhung sowie des fehlenden Nachweises eines Abszesses im MRT. Es wurde eine sonographische Kontrolle in 1,5 Monaten empfohlen.

Unter den Gründen mit erklärbarer Diskrepanz fanden sich:

1. Ein subkutaner nach intraabdominal reichender Abszess wurde zwischenzeitlich mittels Drainageneinlage entlastet, zudem erfolgte die MRT erst 7 Tage nach der Sonographie.
2. Beim zweiten Fall wurde sonographisch der Verdacht auf einzelne maximal 5mm große Mikroabszesse innerhalb der Submukosa des neoterminalen Ileum und des Colons/Sigmas gestellt, so dass die Größe der Befunde aufgrund der geringeren Ortsauflösung im MRT der Hauptgrund für die Diskrepanz darstellen dürfte. Außerdem erfolgten zwischenzeitlich (5 Tage) eine antibiotische Therapie sowie ein Steroidstoß.
3. Die wahrscheinlichste Erklärung für den sonographisch beschriebenen fraglichen Abszess im dritten Fall verbirgt sich hinter den Differentialdiagnosen: bereits die sonographische Voruntersuchung dachte aufgrund der fehlenden laborchemischen Entzündungskonstellation an eine eingeblutete Ovarialzyste. Ebenso wurden in der MR-Enterographie Follikelzysten beschrieben.

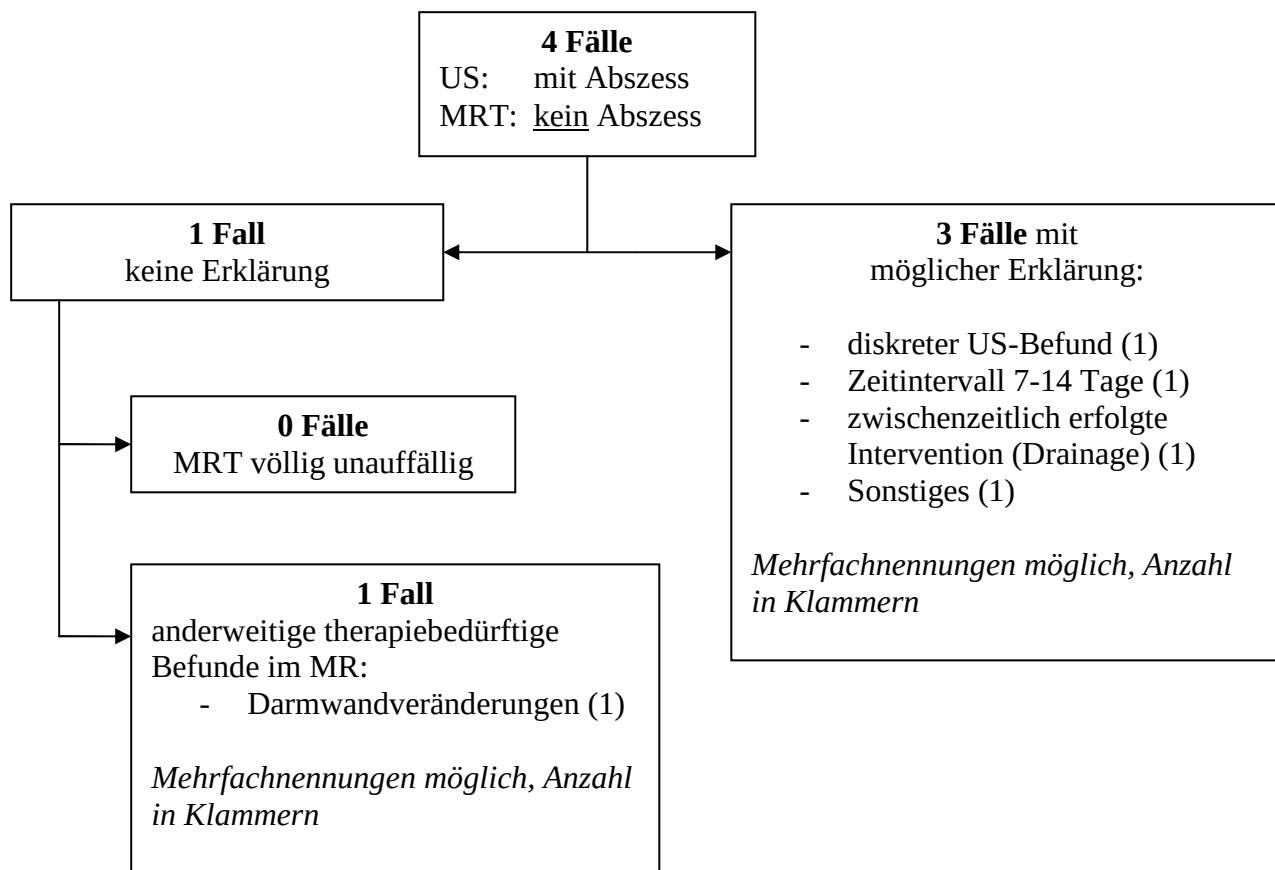


Abb. 24: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde US>MRT – Abszesse

4 Fälle Abszesse US>MRT	US-Erfahrung	
	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	1	2
Keine Erklärung	1	0

Tab. 32: Einfluss der sonographischen Erfahrung US>MRT - Abszesse

Aufgrund der geringen Anzahl an Fällen (4) erübrigt sich eine Spekulation über den Einfluss von der Erfahrung des Untersuchers.

Gruppe IV (D):

In der MR-Enterographie wurden in 16 Fällen Abszesse bzw. Einschmelzungen beschrieben, die kein Korrelat in der Sonographie fanden.

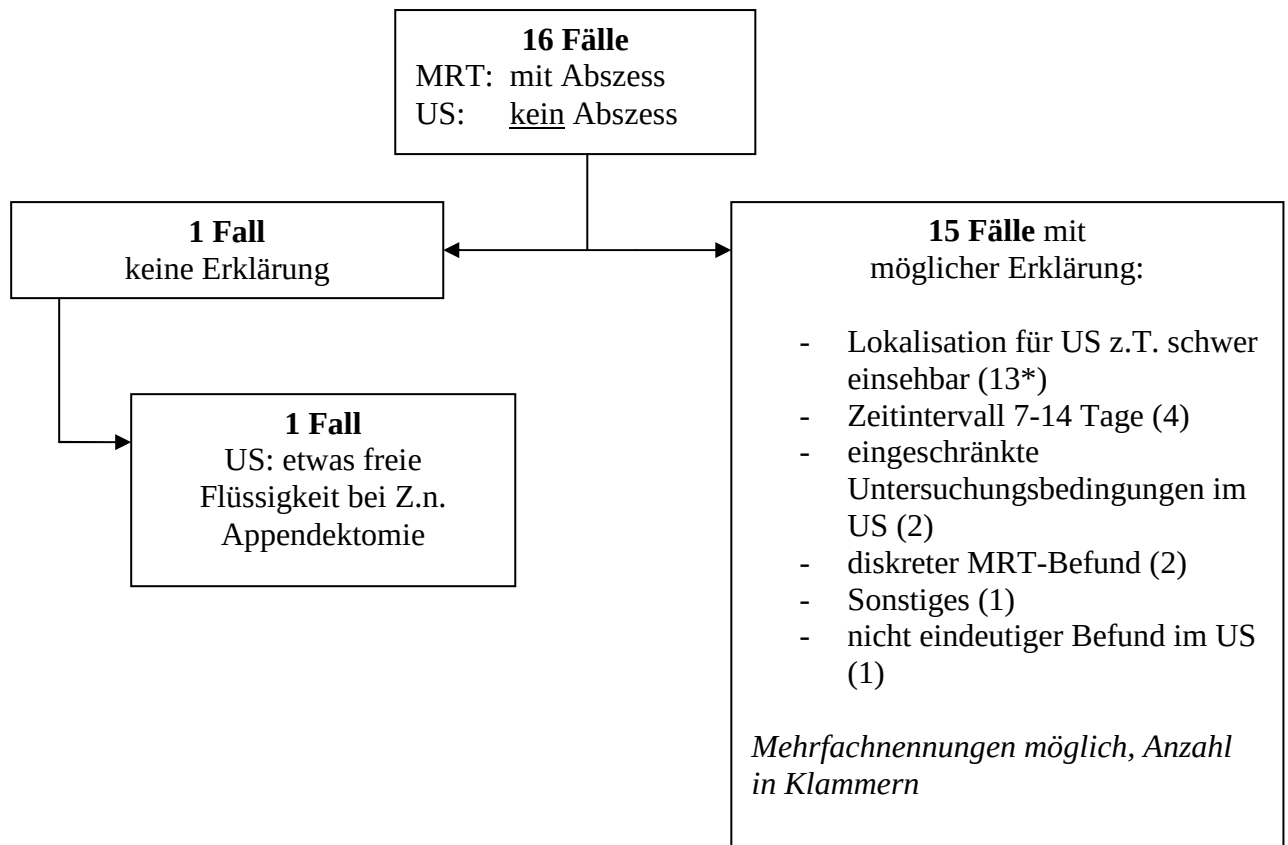


Abb. 25: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Abszesse

* perianal (3), intramural im Rektum/Sigma (2), Rima ani (1), Labium pudendi (1), präoccygeal (1), perisphinktar (1), gluteal (1), , pericolic am descendsigmoidaler Übergang (1), perirektal (1), kranial der Samenbläschen (1)

Es existiert lediglich ein Fall, in der sich keine Erklärung für die im Ultraschall übersehenen Abszesse fand. Der MRT-Befund berichtet hier von mehreren bis 1cm großen Einschmelzungen im Bereich des terminalen Ileums sowie des Coecums. Für den Großteil der Fälle fand sich eine entsprechende Erklärung für die Diskrepanz „MRT>US“. Der Hauptgrund liegt in der schwierigen Lokalisation: sämtliche Abszesse wurden im kleinen Becken detektiert.

16 Fälle Abszesse	US-Erfahrung	
MRT>US	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	7	8
Keine Erklärung	0	1

Tab. 33: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Abszesse

Bezüglich der Erfahrung des Untersuchers findet sich ein relativ ausgewogenes Verhältnis zwischen mäßigen (7) und sehr erfahrenen (9) Schallern.

5.4.3.3.2 Segmentbezogene Auswertung

Verlässt man die patientenbezogene Betrachtungsweise und widmet sich nun der Gesamtzahl aller betroffenen Segmente bzw. Lokalisationen, so resultieren folgende Daten:

Es existieren 29 von 250 Fällen, in denen 41 Abszesslokalisationen beschrieben wurden. Diese gliedern sich in 18 sonographisch detektierte Abszesse (1 Abszess je Lokalisation) und 35 MR-tomographisch verifizierte Abszesse (verteilt auf 29 Lokalisationen). Die Zahl der Abszesse der gleichen Lokalisation in beiden Modalitäten beläuft sich auf 6. Zusätzlich oder ausschließlich durch die Sonographie wurden 12 Abszesse identifiziert, wohingegen die Anzahl der zusätzlich oder ausschließlich in der MR-Enterographie beschriebenen Abszesse 23 beträgt.

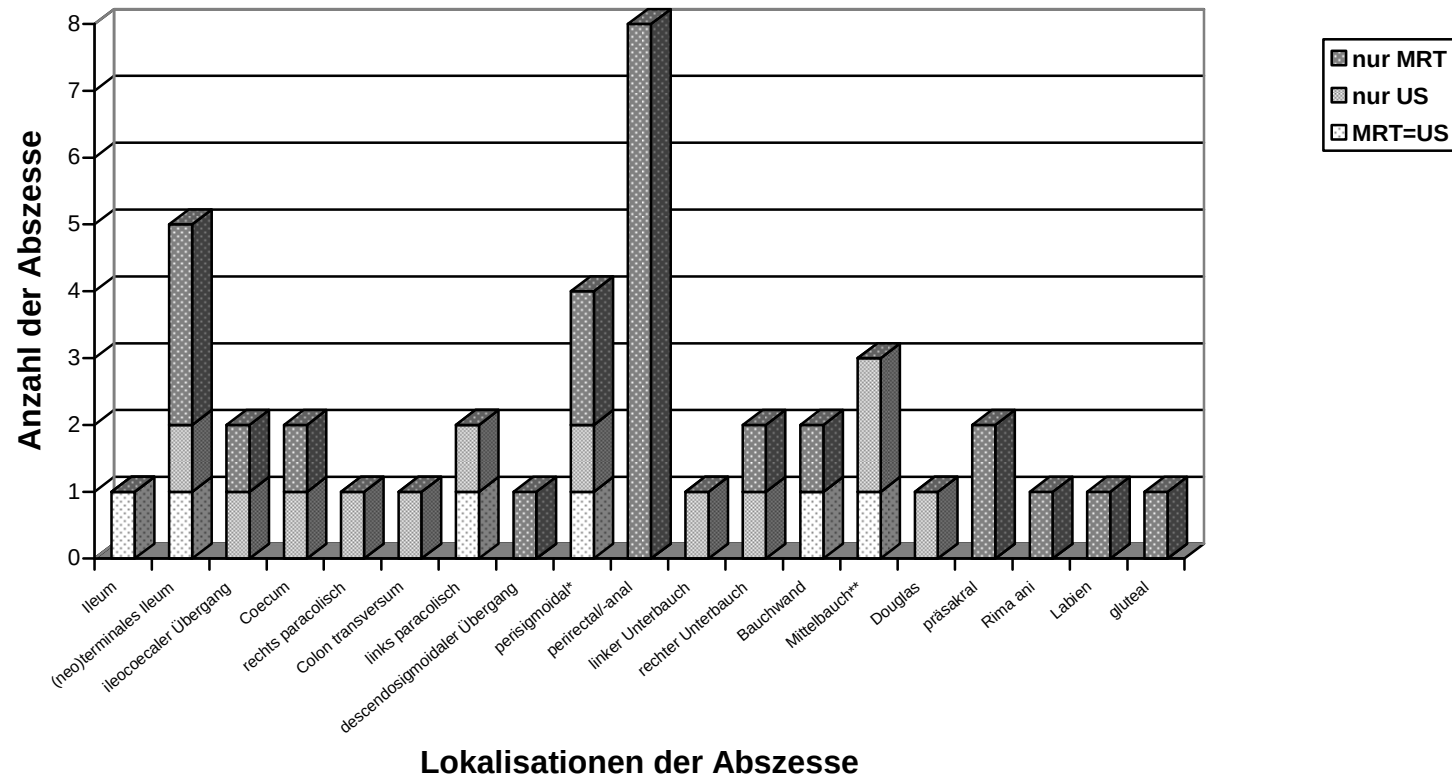


Abb. 26: Lokalisationen - Abszesse

Anmerkungen:

- * Ein Fall mit der sonographischen Lokalisationsangabe „linker Unterbauch“ und der MR-tomographischen Angabe „perisigmoidal“ wurde als gleiche Lokalisation (US=MRT) gewertet.
- ** Ein Fall mit der sonographischen Lokalisationsangabe „Mittelbauch“ und fehlender Lokalisationsangabe in der MR-Enterographie wurde ebenfalls als gleiche Lokalisation gewertet (US=MRT), da sich die MRT-Befunder hier auf einen „bekannten mittels CT-gesteuerter Drainageneinlage versorgten Abszess“ beziehen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass es sich um denselben Befund handelt. Im CT-Befund lautete die Angabe „mittlerer Unterbauch; 4,5cm unterhalb des Nabels“.

Erneut wird deutlich, dass mittels transabdominellem Ultraschall eine Beurteilung der perirektalen bzw. perianalen Region nicht adäquat gelingt, so dass alle acht Fälle mit perirektalen/-analen Abszessen nur durch die MRT detektiert wurden. Das gleiche gilt für die Lokalisationen „präsakral“, „Rima ani“, „Labien“ und „gluteal“.

5.4.3.3 Größenvergleich

Zum Vergleich liegen insgesamt sechs Fälle mit sechs gleichen Abszesslokalisationen vor. Die Abszesse werden anhand ihrer maximalen Größe beschrieben, dabei ist festzustellen, dass im Gegensatz zu den Darmwandveränderungen und Stenosen die Abszesse viel häufiger durch Größenangabe sowohl in der Sonographie als auch im MRT quantifiziert werden. Es liegt lediglich ein einziger Fall vor, der MR-tomographisch nicht vermessen wurde. Dieser wurde zwischenzeitlich chirurgisch gespalten.

Bei der Größenangabe „cm x cm“ wird das Produkt gebildet und verglichen. Wenn in einer Modalität oder beiden nur eine maximale Länge in cm angegeben ist, so wird diese direkt verglichen mit dem größeren Wert in der anderen Modalität.

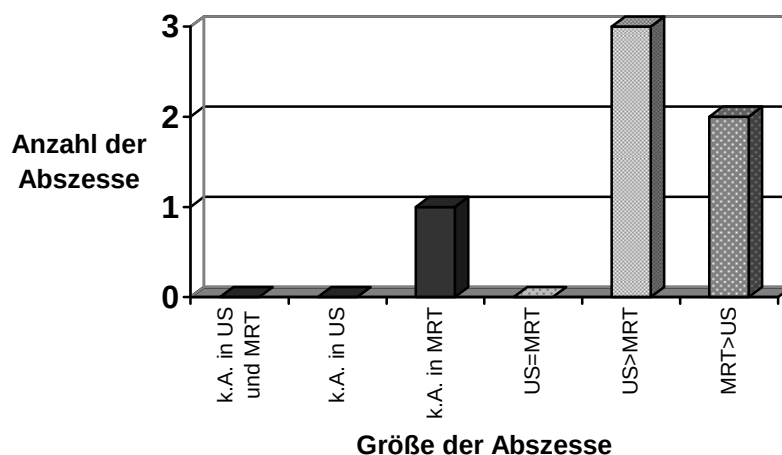


Abb. 27: Vergleich der Größenangaben der Abszesse I

	Lauf- nummer	Lokalisation	max. Größe im US	max. Größe im MRT	max. Differenz (einfach)
US>MRT	42	(neo)term. Ileum- Bereich	2,2x3,2cm	1,8cm	1,4cm
	49	links paracolisch	3,5x2,3cm	3x2,7cm	0,5cm
	326	Mittelbauch / nicht definiert	5x4cm	diskreter Restverhalt (zwischenzeitlich CT-gesteuert drainiert)	k.A.
MRT>US	62	linker Unterbauch / perisigmoidal	3x1,7cm	6cm	3cm
	220	Ileum-Bereich	1,2cm	4x2,5cm	2,8cm
k.A.	377	Bauchwand	4x1,5cm	k.A. (zwischenzeitlich chirurgisch gespalten)	k.A.

Tab. 34: Vergleich der Größenangaben der Abszesse II

In die Rubrik „nicht eindeutige Befunde“ fallen 7 Fälle mit fraglich abszessverdächtigen Befunden in der Sonographie sowie 5 Fälle mit fraglich abszessverdächtigen Befunden in der MR-Enterographie.

5.4.3.4 Fisteln

5.4.3.4.1 Patientenbezogene Auswertung

In der Kategorie „Fisteln“ ergab sich folgende Verteilung der 250 Fallvergleiche:

Fallzuordnung**	US=MRT*	US>MRT*	MRT>US*	Anzahl der Fälle	Prozentualer Anteil von 250 Fällen
A	0	0	0	211	84,4%
B	X	0	0	2	0,8%
C	0	X	0	2	0,8%
D	0	0	X	32	12,8%
E	X	X	0	0	0%
F	X	0	X	2	0,8%
G	0	X	X	1	0,4%
H	X	X	X	0	0%

***Legende:**
X = Fistel(n) liegt(/-en) vor
0 = Fistel liegt nicht vor

****Fallzuordnung:**
A = Fistel(n) liegt(/-en) weder beim US noch bei der MRT vor
B = Fisteln(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation)
C = Fistel(n) liegt(/-en) nur beim US vor
D = Fistel(n) liegt(/-en) nur bei der MRT vor
E = Fistel(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzliche Fistel(n) nur beim US
F = Fistel(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor (gleiche Lokalisation), zusätzliche Fistel(n) nur bei der MRT
G = Fistel(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor, aber unterschiedliche Lokalisation
H = Fistel(n) liegt(/-en) sowohl beim US als auch bei der MRT vor mit nur teilweise gleicher Lokalisation

Tab. 35: Tabellarische Fallzuordnung - Fisteln

In 2 Fällen wurden die identischen Lokalisationen von Fisteln beschrieben. Die Gruppe der fistelfreien Patienten zählt insgesamt 211 Fälle. Damit besteht Konsensus (A+B) in 213 Fällen, d.h. 85,2%. Hingegen bestand kein Konsensus (C+D+G) in 35 Fällen (14,0%). Die Fälle, in denen zusätzlich zu gemeinsamen Fisteln weitere mittels MRT detektiert wurden, beliefen sich auf 2 Fälle i.S.e. Teilkonsensus von 0,8%.

32 Fälle mit im MRT beschriebenen Fisteln wurden in der Sonographie nicht erkannt (Gruppe D bzw. IV: 12,8%) und wären bei ausschließlicher Durchführung einer Sonographie einer entsprechenden Therapie entgangen. Umgekehrt wurden 2 Fälle mit sonographisch beschriebenen Fisteln im MRT als unauffällig bewertet (Gruppe C: 0,8%) und wären bei ausschließlicher Durchführung einer MRT dem Nachweis sowie einer entsprechenden Therapie entgangen. Mit einem hochsignifikanten Unterschied findet die MRT häufiger Fisteln bzw. Fistelsysteme gegenüber der Sonographie ($p < 0,01$).

Fisteln		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 211 (84,4%)	III: 2 (0,8%)
	ja	IV: 32 (12,8%)	II: 5 (2,0%)
Signifikanz nach McNemar: 0,000			

Tab. 36: Vierfeldertafel - Fisteln

Es folgt in Analogie zur bisherigen Auswertung eine Aufschlüsselung nach möglichen Erklärungen für die diskrepanten Befunde der Gruppen C und D.

Gruppe III (C):

In 2 Fällen wurden in der Sonographie Fisteln beschrieben, die dem Nachweis im MRT entgingen.

1. Sonographisch bestand der Verdacht auf eine enterale Fistel vom Colon descendens ausgehend sowie auf eine blind endende Fistel von der linken Colonflexur ausgehend. Das am gleichen Tag durchgeführte MRT verneint ausdrücklich das Vorliegen einer Fistel. Im Vordergrund stand ein in beiden Modalitäten nachgewiesener Abszess, der einer CT-gesteuerten Drainagenanlage zugeführt wurde sowie mehrere pathologische Darmwandveränderungen mit Stenosen.
2. Im zweiten Fall wird eine Fistelverbindung von einem Abszess zum Ileum in der Sonographie beschrieben. Das drei Tage später durchgeführte MRT beschreibt zwar den großenprogredienten ilealen Schlingenabszess, nicht jedoch eine Fistel. Eine Erklärung hierfür lässt sich jedoch nicht finden.

In beiden vorgenannten Fällen wurde die Sonographie durch einen im Darmschall sehr erfahrenen Untersucher durchgeführt. Es wird aufgrund der geringen Fallzahl auf eine grafische Darstellung verzichtet.

Gruppe IV (D):

Es folgt eine grafische Auflistung der möglichen Erklärungen für 32 Fälle, in denen die MRT Fisteln detektierte, jedoch nicht die Sonographie.

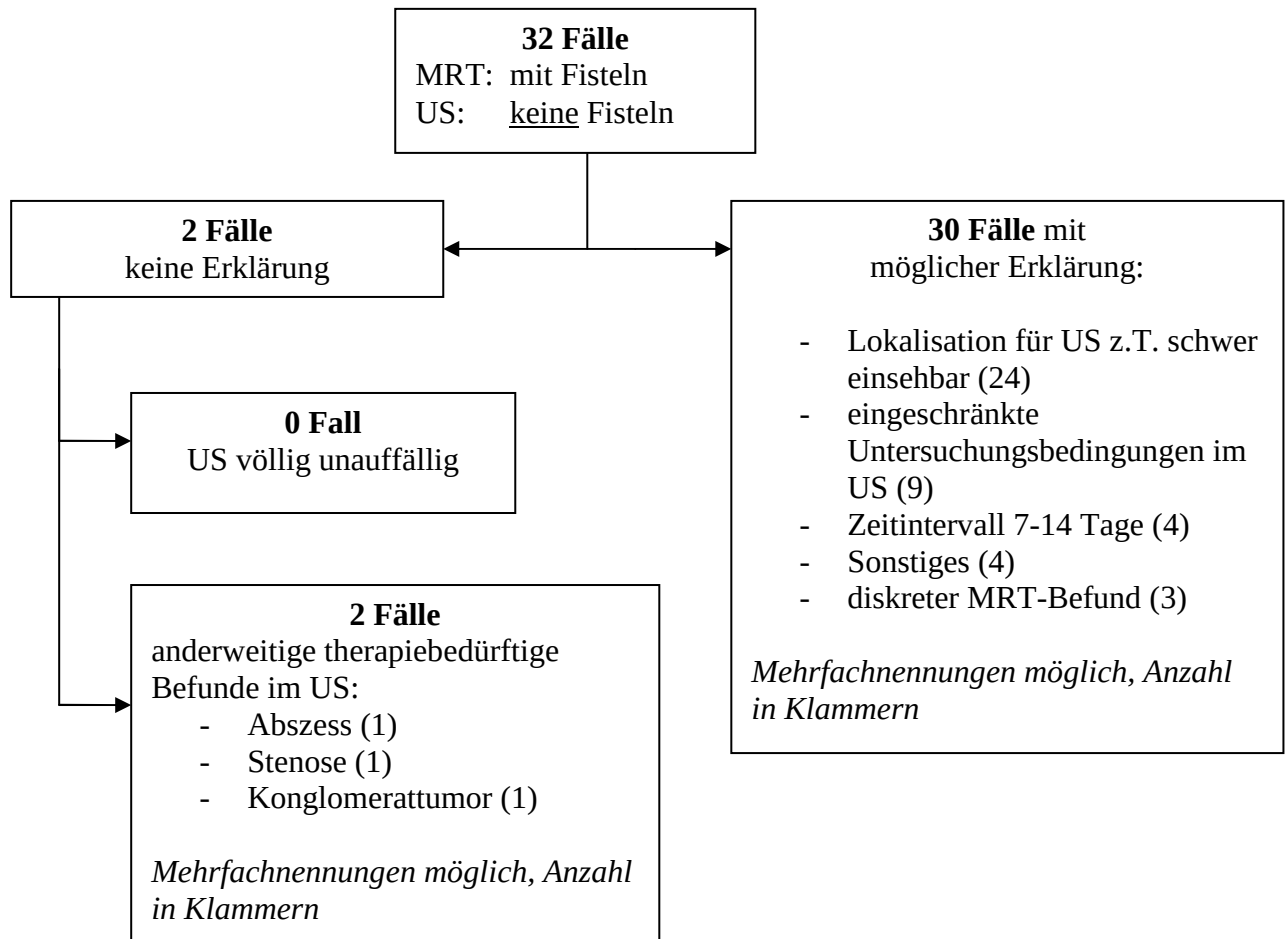


Abb. 28: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Fisteln

Es existieren lediglich zwei Fälle, in denen sich keine Erklärung für die im Ultraschall übersehenen ileocecalen Fisteln findet. Diese weisen jedoch andere therapieentscheidende Befunde auf.

Bei den möglichen Begründungen für die diskrepanten Befunde führt die Lokalisation der meisten Fisteln im kleinen Becken die Liste der Erklärungen an. Bei sämtlichen durchgeführten Sonographien handelt es sich ausschließlich um einen transabdominellen und nicht um einen transperinealen Ultraschall. Bei den eingeschränkten Untersuchungsbedingungen kommt neben Adipositas und Darmgasüberlagerung die mangelnde Füllung der Harnblase als neuer Aspekt hinzu.

Als Beispiel für „Sonstiges“ ist eine erst im Nachtragsbefund beschriebene enterokutane Fistel in der MRT zu nennen, die erst aufgrund zwischenzeitlich stattgehabter Durchleuchtungsuntersuchung als solche gewertet worden war. Primär wurde diese als Ileostoma fehlinterpretiert.

32 Fälle Fisteln MRT>US	US-Erfahrung	
	1-mäßig	2-sehr erfahren
Erklärung	17	13
Keine Erklärung	2	0

Tab. 37: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Fisteln

Der hohe Anteil mäßig erfahrenen Schaller (19 gegenüber 13) kann als weitere Erklärung für die diskrepanten Befunde angeführt werden.

Die Angabe über die Anzahl der beschriebenen Fisteln je Fall in jeder Modalität rundet die patientenbezogene Auswertung in der Kategorie „Fisteln“ ab. Sowohl in der Sonographie als auch in der MRT wird etwas häufiger eine einzelne Fistel je Fall beschrieben im Gegensatz zu 2 oder mehreren Fisteln bzw. einem Fistelsystem (US: 5 versus 2, MRT: 22 versus 15).

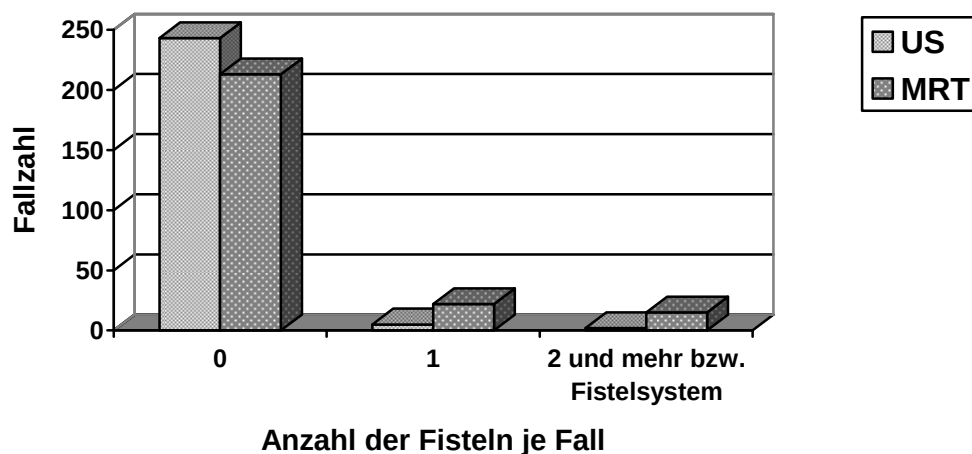


Abb. 29: Anzahl der Fisteln je Fall

5.4.3.4.2 Segmentbezogene Auswertung

Unter den 250 Fällen existieren 39 Fälle mit insgesamt 44 Fistellokalisierungen. 7 Fisteln/Fistelsysteme wurden sonographisch beschrieben, diese verteilt auf 8 Lokalisationen, demgegenüber stehen 37 Fisteln/Fistelsysteme, die in der MR-Enterographie beschrieben wurden, verteilt auf 40 Lokalisationen. Gemeinsam durch beide Modalitäten detektiert wurden 4 Fisteln/Fistelsysteme der gleichen Lokalisation. Zusätzlich oder ausschließlich durch die Sonographie wurden 4 Fisteln/Fistelsysteme beschrieben. Hingegen beläuft sich Zahl der zusätzlich oder ausschließlich durch die MRT beschriebenen Fisteln/Fistelsysteme auf 36.

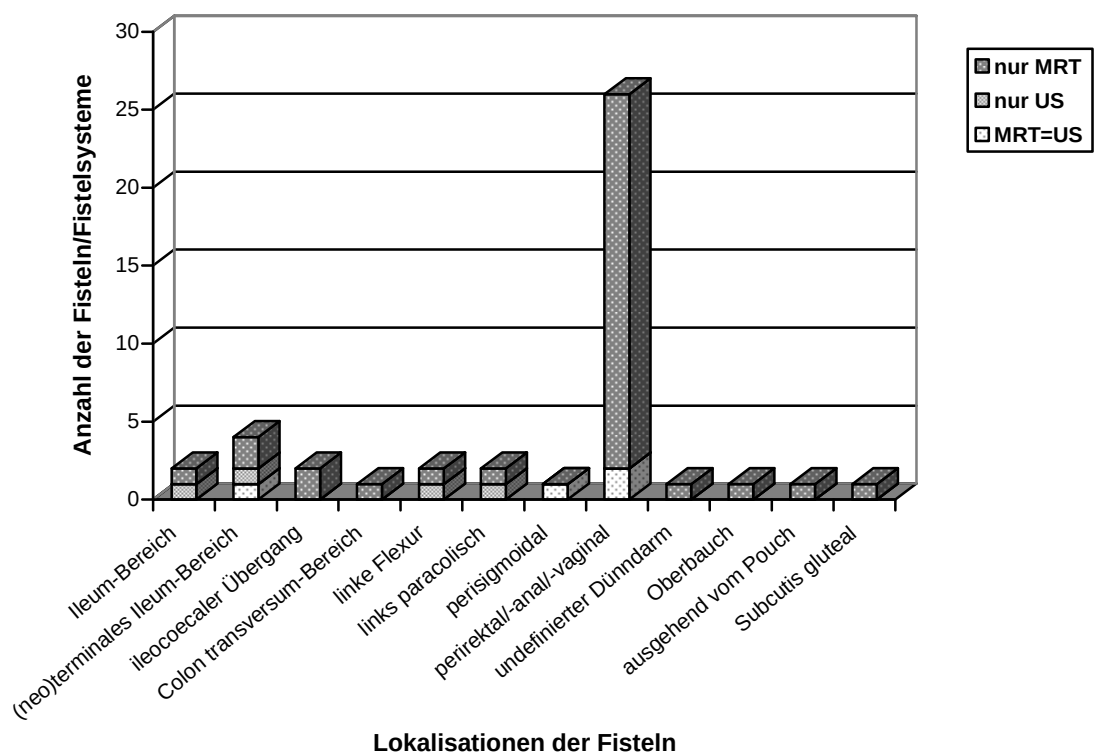


Abb. 30: Lokalisationen - Fisteln

Das Schema zeigt eine klare Tendenz mit einem Peak bei der Lokalisationsangabe „perirektal/-anal/-vaginal“: Zum einen hebt es die häufigste Lokalisation von Fisteln bzw. Fistelsystemen bei M. Crohn hervor, zum anderen weist der dominante rote Balken mit 24 Lokalisationen auf die Überlegenheit des MRT in der Fisteldetektion in dieser Lokalisation hin.

5.4.3.4.3 Vergleich der gemeinsam detektierten Fisteln

Zur Auswertung liegen insgesamt 4 Fälle mit 4 identischen Fistellokalisierungen vor.

Fistelanzahl/-system	Lauf-nummer	Lokalisation	US-Beschreibung	MRT-Beschreibung
MRT=US	595	perisigmoidal	V.a. enterosigmoidale Fistel DD Adhäsion (term. Ileum / Sigma)	Fistelgang vom Ileum zum Sigma
	717	(neo)terminales Ileum-Bereich	V.a. Fistel term. Ileum-Sigma	V.a. ileosigmoidale Fistel DD kleiner Schlingenabszess
MRT>US	524	perirektal/-anal/-vaginal	Fistel re gluteal Richtung Anus ziehend (14x23mm)	1. rektogluteale Fistel (re dorsomedial, 9Uhr Rektumwand) 2. rektovaginale Fistel (12Uhr Analkanal)
	638	perirektal/-anal/-vaginal	dringender V.a. rectovesikale Fistel (links um Prostata ziehend)	komplexes Fistelsystem perirektal (z.B. 9, 6 und 3Uhr SSL, z.T. blind endend oder in Analkanal mündend; kein Nachweis einer rectovesikalen Fistel!)

Tab. 38: Vergleich der gemeinsam detektierten Fistellokalisierungen

In der Rubrik „nicht eindeutige Befunde“ können aufgelistet werden:

- o **3 Fälle in der Sonographie:** 2 der 3 Fälle weisen im MRT keine Fistel auf, der dritte Fall ebenfalls einen nur fraglichen Fistelbefund im MRT.
- o **5 Fälle in der MRT:** 4 der 5 Fälle weisen in der Sonographie keine Fistel auf, der fünfte Fall ebenfalls einen nur fraglichen Fistelbefund in der Sonographie.

5.4.3.5 Lokoregionäre Lymphknoten

5.4.3.5.1 Patientenbezogene Auswertung ohne Berücksichtigung der Lokalisation

Als reaktive lokoregionäre Lymphknoten galten Lymphknoten, die entweder an Größe oder aber an Anzahl auffällig erschienen und damit indirekter Hinweis auf eine Entzündung waren. Hierbei wurde auf die Angabe der Lokalisationen verzichtet, da diese hauptsächlich in Verbindung mit eventuell beschriebenen Abszessen, Fisteln oder pathologischen Darmwandveränderungen stand.

In 63 von 250 Fällen (25,2%) wurden reaktive lokoregionäre Lymphknoten beschrieben. Die Anzahl der Fälle mit beschriebenen reaktiven lokoregionären LK im Ultraschall belief sich auf 19 Fälle, hingegen im MRT auf 48 Fälle. Davon überschneiden sich 4 Fälle, in denen in beiden Modalitäten lokoregionäre LK beschrieben wurden.

In 15 Fällen wurden ausschließlich in der Sonographie lokoregionären LK detektiert. Dem stehen 44 Fälle mit ausschließlich im MRT beschriebenen lokoregionären LK gegenüber.

Patientenbezogene Übersicht über alle 250 Fälle:

Lokoregionäre LK		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 187 (74,8%)	III: 15 (6,0%)
	ja	IV: 44 (17,6%)	II: 4 (1,6%)

Tab. 39: Vierfeldertafel – Lokoregionäre Lymphknoten

Es besteht Konsensus in 187 (keine reaktiven LK) und 4 Fällen (LK in US und MRT), d.h. in insgesamt 191 Fällen (76,4%). Divergierende Befunde lagen in 44 Fällen (nur mittels MR-Enterographie beschriebene reaktive LK) und 15 Fällen (nur mittels Sonographie beschriebene reaktive LK) vor, damit kein Konsensus in 59 Fällen (23,6%).

Auch in der Kategorie „lokoregionäre Lymphknoten“ überwiegt der Anteil der Fälle mit ausschließlich im MRT nachgewiesenen reaktiven lokoregionären Lymphknoten.

Aufgrund der fehlenden therapeutischen Konsequenz wird hier auf eine Analyse möglicher Erklärungen für die diskrepanten Befunde verzichtet.

5.4.3.5.2 Größenvergleich

Zum Vergleich liegen 4 Fälle mit im Ultraschall und MRT beschriebenen reaktiven lokoregionären Lymphknoten vor. Dieser wird anhand der maximalen Größe der LK vorgenommen:

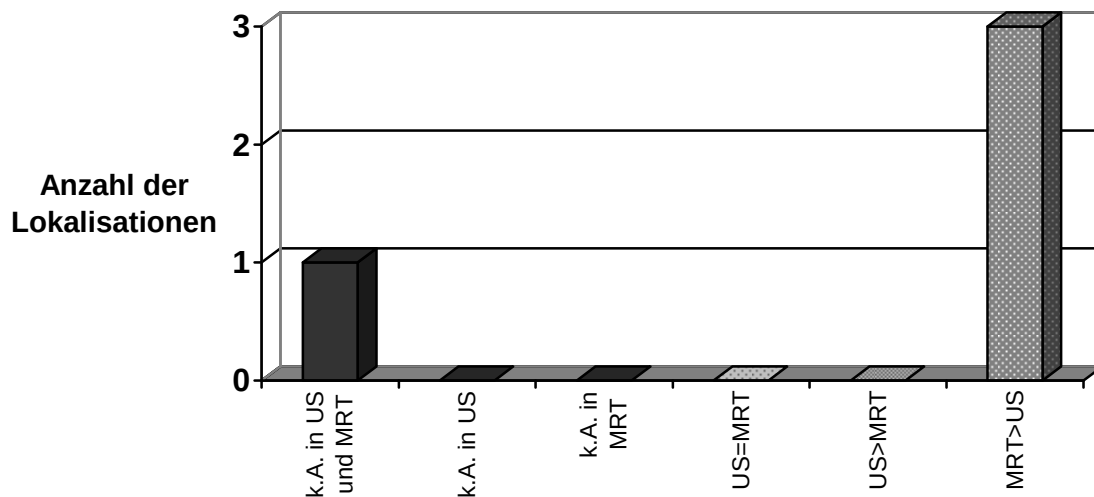


Abb. 31: Vergleich der Größenangabe der lokoregionären Lymphknoten I

max. LK-Größe	Lauf-nummer	US LK-Größe in mm	MRT LK-Größe in mm	Differenz in mm
MRT>US	331	10	12	2
	818	8	10	2
	879	13	20	7

Tab. 40: Vergleich der Größenangabe der lokoregionären Lymphknoten II

In einem der vier Fälle wurden die lokoregionären Lymphknoten in beiden Modalitäten nicht vermessen. Für die übrigen drei Fälle gilt: Die maximale LK-Größe wurde MR-tomographisch größer ausgemessen, im Mittel beträgt die Differenz 3,67mm gegenüber der Sonographie.

5.4.3.6 „Creeping fat“ und „Comb sign“

5.4.3.6.1 Patientenbezogene Auswertung

In dieser Kategorie gilt auch die Formulierung „Nachweis einer entzündlichen Umgebungsreaktion“ als Treffer. Analog zur Auswertung der lokoregionären Lymphknoten wird hier ebenfalls auf die Angabe der Lokalisation verzichtet, da sich diese zumeist aus den vorhandenen pathologischen Darmwandveränderungen, Fisteln, Abszessen usw. ergibt.

In 68 von 250 Fällen (27,2%) wurde eine lokoregionäre Fettgewebsinjektion oder ein „Comb sign“ detektiert. Sonographisch wurden insgesamt 8 Fälle mit „Creeping fat“ und/oder „Comb sign“ erfasst. Dem stehen 64 Fälle gegenüber, die in der MR-Enterographie die genannten Zeichen aufwiesen. Davon überschneiden sich 4 Fälle, in denen in beiden Modalitäten Treffer vorlagen

Somit beläuft sich die Anzahl der nur in der Sonographie detektierter Umgebungsreaktionen auf 4 Fälle und der nur in der MRT beschriebener Umgebungsreaktionen auf 60 Fälle.

Alle 250 Fälle im Überblick:

“Creeping fat“ und “Comb sign“		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 182 (72,8%)	III: 4 (1,6%)
	ja	IV: 60 (24,0%)	II: 4 (1,6%)

Tab. 41: Vierfeldertafel – “Creeping fat“ und “Comb sign“

Konsensus besteht damit in 186 Fällen (74,4%), aufgegliedert in 182 Fälle ohne Umgebungsreaktion in beiden Modalitäten sowie 4 Fälle, in denen sowohl im Ultraschall als auch in der MRT „Creeping fat“ und/oder ein „Comb sign“ beschrieben wurde.

Kein Konsensus liegt hingegen in 64 Fällen (25,6%) vor, darunter 60 Fälle mit ausschließlich im MRT beschriebener Umgebungsreaktion sowie 4 Fällen mit ausschließlich in der Sonographie beschriebener Umgebungsreaktion.

Auch in dieser Kategorie überwiegt deutlich der Anteil der Fälle mit ausschließlich im MRT beschriebener mesenterialer Fettgewebsinjektion bzw. „Comb sign“.

5.4.3.7 Konglomerattumor

In dieser Kategorie galten begriffliche Umschreibungen wie z.B. „die Darmschlingen imponieren verbacken“ als nicht eindeutige Befunde. Der Begriff „Konglomerattumor“ musste explizit im Befund stehen, um als Treffer zu gelten.

5.4.3.7.1 Patientenbezogene Auswertung

Der Begriff Konglomerattumor tauchte in insgesamt 24 von 250 Fällen (9,6%) im US- und/oder MRT-Befund auf. Die Sonographie erkannte in 14 Fällen einen Konglomerattumor, die MRT in 13 Fällen. Davon überschneiden sich 3 Fälle, in denen in beiden Modalitäten Konglomerattumore nachgewiesen wurden.

Die Anzahl der nur in der Sonographie beschriebenen Fälle mit Konglomerattumoren beläuft sich auf 11. Nur mittels MRT entdeckte Konglomerattumoren lagen in 10 Fällen vor. Es besteht kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Modalitäten nach McNemar.

Überblick über alle 250 Fälle:

Konglomerattumor		US	
		nein	ja
MRT	nein	I: 226 (90,4%)	III: 11 (4,4%)
	ja	IV: 10 (4,0%)	II: 3 (1,2%)
Signifikanz nach McNemar: 0,804			

Tab. 42: Vierfeldertafel - Konglomerattumor

Konsensus lag in 226 (kein Konglomerattumor) und 3 Fällen (Konglomerattumor in US und MRT) vor, insgesamt also in 229 Fällen (91,6%).

Kein Konsensus bestand in 10 (ausschließlich mittels MRT detektierte Konglomerattumoren) sowie in 11 Fällen (ausschließlich in der Sonographie detektierte Konglomerattumoren), insgesamt also in 21 Fällen (8,4%).

Damit ist die Kategorie „Konglomerattumor“ die einzige, in der im Ultraschall zumindest ein Fall mehr gegenüber der MRT mit pathologischem extraintestinalen Befund beschrieben wurde.

Auch die fraglichen bzw. nicht eindeutigen Befunde überwiegen in der Sonographie:

- o 4 fragliche Fälle in der Sonographie, die beispielsweise den Wortlaut „Die Darmschlingen wirken adhärent/verbacken...“ verwendeten.
- o Kein Fall in der MRT mit fraglichem Konglomerattumor.

5.4.3.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zunächst erfolgt ein tabellarischer Überblick der wichtigsten Ergebnisse:

Patientenkollektiv	- Patientenanzahl: 207 - Durchschnittsalter: 35,6 Jahre (14-77 Jahre) - Geschlechterverteilung: ausgewogen - gesicherte Diagnose einer CED (175 M. Crohn, 32 Colitis ulcerosa) - Anzahl der Fallvergleiche: 250
Zeitraum	- 28.10.1999 bis 30.01.2007 - Bei 90% der Fälle verstrich zwischen beiden Modalitäten maximal eine Woche bei maximal erlaubter Zeitdifferenz von 14 Tagen. - Im Durchschnitt fand die Sonographie 1,9 Tage vor der MRT statt.
Untersucher	- MRT: Konsensus zwischen Facharzt und erfahrener Assistenzarzt - US: 2 Gruppen (wenig bis mäßige Erfahrung versus sehr gute Erfahrung bzw. routinierte Anwendung eines Darmschalls) - Fast die Hälfte der Ultraschalluntersuchungen wurde von einem Untersucher mit sehr guter Erfahrung durchgeführt.
Darmwand-veränderungen	- 229 Fälle mit 673* pathologischen Darmwandveränderungen - <u>Peak</u>: (neo)terminales Ileum - Lokalisationsschwierigkeit der Sonographie: ungenaue Angaben („rechter Unterbauch“...), Rektumlokalisierung in MRT häufiger befundet - US mehr deskriptive Befunde (20,5% als Entzündung/Befall beschrieben), MRT mehr wertende Befunde (80,1% als Entzündung/Befall beschrieben) - <u>Längenausdehnung</u>: 58,8% keine Angabe in beiden Modalitäten, 28,4% keine Angabe im US, 12,8% keine Angabe im MRT; fast die Hälfte aller ausgemessenen Segmente im US länger (Mittel 5,1cm) ausgemessen - <u>Wanddicke</u>: keine Angabe v.a. im MRT; nur 2 Fälle zum Vergleich (MRT dicker)
Stenosen	- 100 Fälle mit 167* Stenosen - <u>Peak</u>: (neo)terminales Ileum - Indirekte Stenosezeichen im US häufiger beschrieben - <u>Grad der Lumeneinengung und Längenausdehnung</u>: tendentiell weniger Angaben im US; 5 Fälle zum Vergleich bezüglich Stenosenlänge: alle sonographisch länger (Mittel 3,9cm) ausgemessen

Abszesse	- 29 Fälle mit 41* Abszesslokalisationen - <u>Peak</u>: perirektal/-anal/-vaginal - Sonographische Lokalisationsschwierigkeit (kleines Becken): Hauptgrund für die sonographisch „übersehenen“ Abszesse - <u>Größenvergleich</u>: fast alle Abszesse erfahren regelmäßig einer Größenangabe in US und MRT
Fisteln	- 39 Fälle mit 44* Fistellokalisationen - <u>Peak</u>: perirektal/-anal/vaginal
LK	- 63* Fälle mit reaktiven lokoregionären LK - <u>Größenvergleich</u> von nur 3 Fällen: alle im MRT größer vermessen
„Creeping fat“ / „Comb sign“	- 68* Fälle mit lokoregionärer Fettgewebsinjektion oder „Comb sign“
Konglomerattumor	- 24* Fälle mit Konglomerattumor
* Aufgliederung siehe Tab. 44	

Tab. 43: Zusammenfassung der Ergebnisse - Überblick

Es liegen insgesamt 250 Fallvergleiche von 207 Patienten mit gesicherter Diagnose einer CED aus den Jahren 10/1999 bis 01/2007 vor, die innerhalb einer 14-Tagesfrist mittels hochauflösender Sonographie sowie MR-Enterographie untersucht wurden. Das Patientenkollektiv gliedert sich in 175 Patienten mit gesichertem M. Crohn und 32 Patienten mit Colitis ulcerosa. Es erfolgte eine segmentbezogene sowie eine patientenbezogene Auswertung für die Kategorien „pathologische Darmwandveränderungen“, „Stenosen“, „Abszesse“, „Fisteln“, „lokoregionäre LK“, „Creeping fat“ / „Comb sign“ und „Konglomerattumor“. Die jeweiligen detaillierten Ergebnisse sind den folgenden zwei Tabellen zu entnehmen. Der Vorzug liegt in der hohen Fallzahl mit 250 Patienten sowie einem nicht selektierten Patientengut aus der Alltagsroutine sowie Einschluss auch unerfahrener Schaller. Bei fehlendem Goldstandard wurde die Hypothese zugrunde gelegt, dass jede beschriebene Pathologie - sei es durch die Sonographie, sei es durch die MR-Enterographie - als existent angesehen wurde.

Pathologie erfasst durch ...	Darmwand- veränderungen		Stenosen		Abszesse		Fisteln		Lokoregionäre LK		„Creeping fat“ / „Comb sign“		Konglomerat- tumor	
	Anzahl der Seg- mente	%	Anzahl der Seg- mente	%	Anzahl der Loka- lisa- tionen	%	Anzahl der Loka- lisa- tionen	%	Anzahl der Fälle	%	Anzahl der Fälle	%	Anzahl der Fälle	%
... US und MRT gemeinsam	171	25,4%	13	7,8%	6	14,6%	4	9,1%	4	6,3%	4	5,9%	3	12,5%
... nur durch US* ¹	234	34,8%	19	11,4%	12	29,3%	4	9,1%	15	23,8%	4	5,9%	11	45,8%
... nur durch MRT* ²	268	39,8%	135	80,8%	23	56,1%	36	81,8%	44	69,8%	60	88,2%	10	41,7%
Summe aller beschriebener Pathologien	673	100%	167	100%	41	100%	44	100%	63	100%	68	100%	24	100%
* ¹ Pathologien nur durch US erfasst, d.h. diese wurden durch die MRT nicht erkannt bzw. entgingen dem Nachweis durch die MRT * ² Pathologien nur durch MRT erfasst, d.h. diese wurden durch die Sonographie nicht erkannt bzw. entgingen dem sonographischen Nachweis														

Tab. 44: Zusammenfassung der Ergebnisse – segmentbezogene Auswertung

In der **segmentbezogenen Auswertung** lässt sich zusammenfassend festhalten, dass die ausschließlich durch die MR-Enterographie beschriebenen Pathologien jeder Kategorie die der Sonographie übertreffen mit Ausnahme der Kategorie „Konglomerattumor“. Am stärksten kommt der Unterschied zwischen sonographisch „übersehenen“ und in der MRT „übersehenen“ Befunden in den Kategorien „Stenosen“, „Fisteln“ und „Creeping fat“ / „Comb sign“ zum Ausdruck.

Patientengruppe	Darmwand- veränderungen	Stenosen	Abszesse	Fisteln	Lokoregionäre LK	„Creeping fat“ / „Comb sign“	Konglomerat- tumor
I (US=MRT)* ¹ keine Pathologien	21 (8,4%)	150 (60,0%)	221 (88,4%)	211 (84,4%)	187 (74,8%)	182 (72,8%)	226 (90,4%)
I (US=MRT) * ² Pathologien	163 (65,2%)	20 (8,0%)	9 (3,6%)	5 (2,0%)	4 (1,6%)	4 (1,6%)	3 (1,2%)
III (US>MRT) *³ Erklärung: Ja – Nein (ATB*) – Nein (kein ATB)	28 (11,2%) 18 - 7 - 3	8 (3,2%) 4 - 4 - 0	4 (1,6%) 3 - 1 - 0	2 (0,8%) 0 - 2 - 0	15 (6,0%) -	4 (1,6%) -	11 (4,4%) -
IV (MRT>US) *⁴ Erklärung: Ja – Nein (ATB*) – Nein (kein ATB)	38 (15,2%) 22 - 4 - 12	72 (28,8%) 54 - 16 - 2	16 (6,4%) 15 - 1 - 0	32 (12,8%) 30 - 2 - 0	44 (17,6%) -	60 (24,0%) -	10 (4,0%) -
Signifikanz nach McNemar*⁵	0,253	0,000	0,031	0,000	k.A.	k.A.	0,804
* ATB = anderweitiger therapiebedürftiger Befund im MRT (III) bzw. in der Sonographie (IV) *¹ I = Anzahl der Fälle, die weder beim US noch bei der MRT pathologische Befunde aufwiesen *² II = Anzahl der Fälle, die sowohl beim US als auch bei der MRT pathologische Befunde aufwiesen *³ III = Anzahl der Fälle mit pathologischem Befund im US, die dem Nachweis im MRT entgingen *⁴ IV = Anzahl der Fälle mit pathologischem Befund im MRT, die dem sonographischen Nachweis entgingen *⁵ <0,05 signifikanter bzw. <0,01 hochsignifikanter Unterschied zwischen MRT und US in der Detektion von Pathologien							

Tab. 45: Zusammenfassung der Ergebnisse – patientenbezogene Auswertung

Zum Verständnis obiger Tabelle ist es notwendig, die Auswertung anhand der Vierfeldertafel, auf die sich die patientenbezogene Auswertung stützt, in Erinnerung zu rufen:

Pathologie(n) unabhängig von der Lokalisation		US	
		nein	ja
MRT	nein	I (A)	III (C)
	ja	IV (D)	II (B+E+F+G+H)

Tab. 46: Vierfeldertafel - allgemeines Schema

- I. Alle Patienten, die weder beim US noch bei der MRT Pathologien aufweisen (A)
- II. Alle Patienten, die sowohl beim US als auch bei der MRT eine oder mehrere Pathologien aufweisen (B+E+F+G+H)
- III. Alle Patienten, die ausschließlich beim US eine oder mehrere Pathologien aufweisen, nicht aber bei der MRT (C)
- IV. Alle Patienten, die ausschließlich bei der MRT eine oder mehrere Pathologien aufweisen, nicht aber beim US (D)

In der **patientenbezogenen Auswertung** sind vor allem die Patientengruppen mit lediglich in einer Modalität erkannten Pathologien von Interesse, die in der Gegenmethode nicht erkannt wurden und damit bei ausschließlicher Anwendung der Gegenmethode einer weiteren Therapie entgangen wären, d.h. Gruppe III und IV. Analog zur sementbezogenen Auswertung ergibt sich ein klarer Vorteil für die MR-Enterographie, in der deutlich mehr Fälle mit einem pathologischen Befund beschrieben wurden, der durch die Sonographie nicht detektiert wurde. Das ist ersichtlich an den höheren Prozentzahlen der Gruppe IV gegenüber III (Ausnahme: Konglomerattumor). Das heißt, dass bei ausschließlicher Verwendung der Sonographie eine relevante Anzahl an Pathologien „übersehen“ worden wäre und keiner entsprechenden Therapie zugeführt worden wäre. Betroffen hiervon sind 15,2% der Fälle bzgl. Darmwandveränderungen, 28,8% bzgl. Stenosen, 6,4% bzgl. Abszesse und 12,8% bzgl. Fisteln. Demgegenüber stehen „nur“ 11,2% der Fälle bzgl. Darmwandveränderungen, 3,2% bzgl. Stenosen, 1,6% bzgl. Abszesse und 0,8% bzgl. Fisteln, die bei ausschließlicher Durchführung einer MR-Enterographie entgangen wären. Die Unterschiede sind in den Kategorien „Stenosen“ und „Fisteln“ hochsignifikant und in der Kategorie „Abszesse“ signifikant. Es bestand statistisch kein signifikanter Unterschied in den Kategorien „Darmwandveränderungen“ und „Konglomerattumore“.

Man beachte wieder die zugrunde gelegte Hypothese, dass alle beschriebenen pathologischen Befunde - sei es durch die Sonographie, sei es durch die MR-Enterographie – als real zu betrachten sind.

Für die Gruppen III und IV wurde in den Kategorien „Darmwandveränderungen“, „Stenosen“, „Abszesse“ und „Fisteln“ nach möglichen Erklärungen für die diskrepanten Befunde gesucht und auch in der überwiegenden Anzahl gefunden. Falls kein entsprechender Grund existierte, wurde schließlich noch untergliedert in die Gruppe der Fälle mit anderweitigen therapiebedürftigen Befunden (ATB) und in die Gruppe, in denen die Gegenmodalität einen völlig unauffälligen Abdomenstatus beschrieb. Neben Begründungen, die für beide Modalitäten gleichermaßen gelten, sind die häufigsten modalitätsspezifischen Ursachen aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

	US	MRT
Eingeschränkte Untersuchungsbedingungen	25 Fälle	7 Fälle
Lokalisation schwer einsehbar (kleines Becken)	72 Fälle	nicht relevant
Erfahrung des Untersuchers	relevant für Darmwandveränderungen, Stenosen und Fisteln; kein Zusammenhang für Abszesse	nicht relevant
Sonstiges	5 Fälle + 7 Fälle (indirekte Stenosezeichen)	20 Fälle
<u>Gemeinsame Ursachen:</u>		
Diskrete Befunde	15 Fälle	31 Fälle
Zeitintervall 7-14 Tage	14 Fälle	14 Fälle
Zwischenzeitl. Intervention	1 Fall	1 Fall

Tab. 47: Zusammenfassung der Gründe für diskrepante Befunde

Tendentiell leidet die transabdominelle Sonographie stärker an eingeschränkten Untersuchungsbedingungen, zumindest kommt dies in den schriftlichen Befunden explizit zum Ausdruck. So können beispielsweise 25 Fälle mit in der Sonographie nicht beschriebenen Pathologien (im MRT jedoch positiv befundet) auf Adipositas, Darmgasüberlagerung, fehlende Nüchternheit oder eine schlechte Harnblasenfüllung zurückgeführt werden. Demgegenüber stehen nur 7 Fälle mit im MRT „übersehenen“ Pathologien, die mit Bewegungs-/Atemartefakten oder mangelnder enteraler Kontrastierung erklärt werden könnten.

Hervorzuheben sind insgesamt 72 Fälle mit im MRT nachgewiesenen pathologischen Befunden im kleinen Becken, die der Sonographie aufgrund der schwer einsehbaren Region entgingen.

6 Diskussion

6.1 Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand in einem Vergleich von hochauflösenden Darmultraschalluntersuchungen mit MR-Enterographie zur Diagnostik bei Patienten mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen in der Alltagsroutine.

Die ausgewerteten 250 Fallvergleiche zeigen, wie viele intra- und extraintestinale Pathologien bei Verwendung von nur einer Modalität übersehen worden wären. Dabei zeichnete sich ab, dass in den Kategorien „Darmwandveränderungen“, „Stenosen“, „Abszesse“, „Fisteln“, „lokoregionäre Lymphknoten“ und „Creeping fat / Comb sign“ deutlich mehr Pathologien durch die Sonographie nicht erkannt wurden, die MR-tomographisch vorlagen (Patientengruppe IV der Tab. 45). Im umgekehrten Fall fielen die Werte für übersehene Pathologien durch die MRT deutlich niedriger aus (Patientengruppe III der Tab. 45). Daraus lässt sich folgern, dass die MR-Enterographie als objektive Bildgebung bei CED-Patienten dem US häufig überlegen ist.

Zunächst erfolgt eine Bewertung der wichtigsten Ergebnisse jeder einzelnen Kategorie.

1. Darmwandveränderungen

In dieser Kategorie liegen 38 Fälle (15,2%) mit MR-tomographisch nachgewiesenen pathologischen Darmwandveränderungen vor, die sonographisch übersehen wurden. Dem stehen 28 Fälle (11,2%) gegenüber, die durch die MRT nicht erkannt wurden, aber sonographisch die entsprechende Pathologie aufwiesen.

Der Hauptgrund für die übersehenen pathologischen Befunde liegt auf Seiten der Sonographie in den eingeschränkten Untersuchungsbedingungen, wie z.B. Adipositas und Darmgasüberlagerung, dicht gefolgt von der Lokalisation der Darmwandveränderung, wie z.B. die schwer einsehbare Region des Rektums. Gründe für die mittels MRT nicht erkannten Fälle sind primär in diskreten US-Befunden zu suchen. Hier wird eine Darmwanddicke von bereits 3mm teilweise als pathologisch angesehen. In den meisten veröffentlichten Studien wird hingegen überwiegend ein Grenzwert größer 3mm verwendet [22], so dass diese Fälle als falsch positiv für die Sonographie gewertet werden können.

Die Sonographie leidet häufiger als die MRT an einer exakten Lokalisationsangabe. Dies kommt in der Wortwahl der US-Befunde zum Ausdruck. Exemplarisch werden pathologische Wandveränderungen von „Darm im rechten Unterbauch“, „Darm im Mittelbauch“ oder „undefinierten Dünndarmschlingen“ beschrieben.

Schließlich wurde eine Spezifizierung der Darmwandveränderungen in „Wandverdickung“, „erhöhte KM-Aufnahme/Hyperperfusion“ und „Entzündung/Befall“ vorgenommen. Dabei weist die MRT deutlich mehr wertende Befunde (80,1%), die entzündliche oder befallene Segmente beschreiben, auf. Dem stehen lediglich 20,5% der US-Befunde gegenüber, die ebenfalls von Entzündung oder Befall der Darmwand sprechen. Vielmehr halten sich die meisten US-Befunde rein deskriptiv und beschränken sich auf die Angabe einer Wandverdickung. Durch Verwendung wertender Befunde gegenüber deskriptiven Befunden werden therapeutische Entscheidungen erleichtert, so dass hier der MRT ein klarer Vorzug zu geben ist. Es ist zu diskutieren, ob dieser Unterschied nicht in der Erfahrung des Untersuchers

liegt: Alle MR-Enterographien wurde durch einen Facharzt sowie einen erfahrenen Assistenzarzt im Konsensus befundet, hingegen nur die Hälfte aller US-Untersuchungen durch einen sehr erfahrenen Untersucher.

Im segmentbezogenen Vergleich wurden Darmabschnitte gefunden, die ausschließlich in der Sonographie wandverdickt erschienen, nicht jedoch im MRT. Dies kann z.B. auf die höhere Ortsauflösung oder die variabelere Schnittführung des Ultraschalls zurückzuführen sein.

Bei über der Hälfte der Befunde mit beschriebenen pathologischen Darmwandveränderungen fehlte die Angabe der Länge des befallenen Segmentes, so dass hier ein Optimierungsbedarf bei der Befundung zu sehen ist. Tendentiell versäumten mehr Schaller die Längenangabe gegenüber den MRT-Befundern. Entgegen den Erwartungen wurde fast die Hälfte aller ausgemessenen Segmente (47,8%) in der Sonographie länger ausgemessen. In der Literatur findet sich eine signifikante Korrelation der Länge der hypervaskularisierten Darmwandverdickungen zwischen MRT und KM-gestütztem US [48].

Schließlich ist Kritik an der mangelnden Quantifizierung der Darmwanddicke zu üben, wobei die Befunder der MRT deutlich nachlässiger mit einer exakten Angabe in mm waren. Letztendlich konnten nur 2 Segmente verglichen werden (beide im MRT dicker ausgemessen). Schmidt et al. berichten in einer prospektiven Studie an 48 M. Crohn Patienten von einer äquivalenten Darmwanddicke entzündeter Segmente zwischen Sonographie und MR-Enteroklysma [57].

Wünschenswert erscheint daher sowohl bei den Sonographie- als auch bei den MRT-Befunden eine genaue Quantifizierung der vorliegenden Darmwandpathologien. Das gilt sowohl für die Angabe der Wanddicke als auch der Längenausdehnung. Zu berücksichtigen ist, dass es sich um eine retrospektive Studie handelt. Es ist davon auszugehen, dass bei einer prospektiv angelegten Studie beide Modalitäten durchaus in der Lage sind, die Darmwand exakt auszumessen. Letztendlich bestimmt nicht die Wanddicke oder die Längenausdehnung allein die Therapie. Diese Angaben sind aber sinnvoll zu weiteren Verlaufskontrollen.

2. Stenosen

In der Kategorie Stenosen ist der Unterschied zwischen den im Ultraschall (28,8%) und den bei der MRT (3,2%) übersehenen Pathologien am größten und hochsignifikant. Diese Werte sprechen zunächst für den primären Einsatz der MR-Enterographie zur Detektion von Stenosen bei CED-Patienten.

Zu beachten sind jedoch die eingangs getroffenen Begriffsdefinitionen: Die Formulierung „Lumeneinengung“ wurde primär als Stenose gewertet, wenn sie nicht als funktionelle Stenose gewertet wurde. Zudem galt die Hypothese, dass alle in einer Modalität beschriebenen Pathologien in der Realität tatsächlich vorliegen, da auf einen Goldstandard verzichtet wurde. Die Sonographie bietet hier den Vorteil einer dynamischen Untersuchung: bei jeder vermuteten Stenose erfolgt i.d.R. die Angabe, ob Pendelperistaltik oder propulsiv gerichtete Peristaltik vorliegt. Die MRT kann lediglich prüfen, ob eine in einer Sequenz gefundene Lumeneinengung sich tatsächlich in allen anderen durchgeführten Sequenzen nachvollziehen lässt, was bei einer Untersuchungszeit von etwa 25 Minuten ausreichend visualisiert sein müsste. Zusätzlich sollte auch auf die kontinuierliche Gabe von Butylscopolamin als Kurzinfusion geachtet werden.

Die Mehrzahl der Fälle, für die primär keine Erklärung für die diskrepanten Befunde vorlag, zeigte anderweitige therapiebedürftige Befunde im US, insbesondere pathologische Darmwandveränderungen, die überwiegend den Segmenten der Stenosen im MRT

entsprachen, eben nur nicht als Stenose befundet wurden. Der Hauptgrund liegt abermals in den Lokalisationen der Stenosen, die für die Sonographie schwer einsehbar sind, sowie in eingeschränkten Untersuchungsbedingungen.

Es konnte aufgrund mangelnder Angabe vom Grad der Lumeneinengung kein Vergleich vorgenommen werden. Der Vergleich der Längenausdehnung der Stenosen beschränkt sich auf 5 von 13 Fällen. Hier wurden alle 5 Stenosen sonographisch länger ausgemessen.

Im Widerspruch zu den Ergebnissen steht das tendentiell bessere Resultat der Sonographie in der Rubrik Stenosen gegenüber dem MR-Enteroklysma in der prospektiven Studie von Schmidt et al. [57]. Hier muss bedacht werden, dass die Sonographie bei Schmidt et al. von ausschließlich erfahrenen Untersuchern durchgeführt wurde. In der Gruppe der mittels US nicht erkannten Stenosen wurde die Sonographie in der eigenen Studie von überwiegend nur mäßig erfahrenen Untersuchern durchgeführt.

Es gibt aber auch in der Literatur eine retrospektive Studie von Potthast et al. [50], die ebenfalls die Überlegenheit der MRT gegenüber der Sonographie in der Detektion von Stenosen belegt.

3. Abszesse

Die Fälle mit nicht erkannten Abszessen belaufen sich auf 4 (1,6%) für die MR-Enterographie und auf 16 (6,4%) für die Sonographie (statistisch signifikanter Unterschied). Damit zeigt sich nun auch die Überlegenheit der MRT bei den extraintestinalen Manifestationen. Zum gleichen Ergebnis kommen in dieser Kategorie nicht nur die retrospektive Studie von Potthast et al. [50], sondern auch die prospektive Studie von Schmidt et al [57] mit Sensitivitäten von 83,3% für die MRT und 66,7% für den Ultraschall zur Detektion von Abszessen.

Der Hauptgrund für die meisten übersehenen Abszesse durch die Sonographie liegt in ihrer Lokalisation (perirektale oder –anale Lage).

Im Gegensatz zu den Darmwandveränderungen und Stenosen wurden die Abszesse in beiden Modalitäten viel häufiger durch exakte Größenangaben quantifiziert. Dies liegt mutmaßlich in der Notwendigkeit für therapeutische Entscheidungen, speziell über die Sinnhaftigkeit einer Drainageneinlage. Die Messwerte der vergleichbaren Fälle zeigen keine Tendenz, dass in einer Modalität Abszesse generell größer oder kleiner ausgemessen werden.

4. Fisteln

Die hochsignifikanten Ergebnisse sprechen deutlich für die Überlegenheit der MRT gegenüber der Sonographie zur Detektion von Fisteln. 32 Fälle (12,8%), die sonographisch nicht erkannt wurden, stehen lediglich 2 Fällen (0,8%) gegenüber, die MR-tomographisch dem Nachweis entgingen. Die bisher zitierten Studien fallen wieder unterschiedlich aus: Potthast et al. [50] zeigen die Überlegenheit der MRT gegenüber dem Ultraschall in der Detektion von Fisteln, hingegen liegt in der Studie von Schmidt et. al [57] die Sensitivität für die Sonographie höher (US 55,6%, MRT 44,4%).

Als Erklärung für die eigenen Werte lässt sich wieder die Lokalisation der Fisteln anführen. Bei sämtlichen durchgeführten Sonographien handelte es sich ausschließlich um einen transabdominellen und nicht um einen transperinealen Ultraschall. Es ist davon auszugehen, dass bei Verwendung eines transperinealen US oder – unter Inkaufnahme einer erhöhten Invasivität – mittels endorektalem/-analem US die Sonographie durchaus imstande ist, bei spezifischer Fragestellung Fisteln im Bereich des kleinen Beckens adäquat zu untersuchen. So

kann über ein besseres Abschneiden der Sonographie in dieser Kategorie spekuliert werden, wäre diese Variante der Sonographie mit in die Auswertung eingeflossen. Studien zu dieser Thematik beschäftigen sich z.B. mit der Aktivitätsbeurteilung perianaler Fisteln [8]. Caprioli et al. konnten eine gute Übereinstimmung in der Aktivitätseinschätzung der Fisteln zwischen MRT und klinischer Untersuchung (=Standard) zeigen, jedoch nur eine ausreichende Übereinstimmung zwischen Sonographie und klinischer Untersuchung, die jedoch auf eine vergleichbar gute Übereinstimmung unter Nutzung einer Computergestützten Analyse verbessert werden konnte. In diese Thematik fügt sich gut die Arbeit von Felt-Bersma [11] ein, die eine vergleichbare Sensitivität dem endoanalen Ultraschall nach Applikation von H₂O₂ in die externe Fistelöffnung wie dem endoanalen MRT zuschreibt.

Im Hinblick auf die Montreal-Klassifikation werden Patienten mit perianalen Manifestationen insbesondere perianalen Fisteln in eine eigenständige Subpopulation zusammengefasst [54]. Daher ist hier die MRT der Sonographie in der Zuordnung zu einem Patientenkollektiv deutlich überlegen, da der MRT in unserem Studienkollektiv keine perianale Fistel entging, hingegen in der Sonographie insgesamt 24 perianale/-rektale/-vaginale Fisteln übersehen wurden.

5. Lokoregionäre Lymphknoten und „Creeping fat / Comb sign“

Die Beschreibung vergrößerter oder an Anzahl vermehrter LK dient als indirektes Zeichen einer lokalen Entzündungsreaktion, ebenso der Nachweis von „Creeping fat“ und/oder „Comb sign“. In beiden Kategorien gelang der Nachweis dieser Zeichen häufiger im MRT als in der Sonographie. So belaufen sich die nicht erkannten Fälle mit lokoregionären LK auf 15 (6,0%) in der MR-Enterographie gegenüber 44 (17,6%) in der Sonographie. Die Werte für „Creeping fat / Comb sign“ liegen für nicht erkannte Fälle bei 4 (1,6%) im MRT und 60 (24,0%) im Ultraschall.

6. Konglomerattumor

Die Kategorie „Konglomerattumor“ ist die einzige, in der 1 Fall mehr durch die MR-Enterographie nicht erkannt wurde gegenüber der Sonographie (11 vs. 10 Fälle mit Konglomerattumor). Das Ergebnis ist allerdings statistisch nicht signifikant. Man kann diskutieren, ob die Sonographie durch Kompression der Bauchdecke durch den Schallkopf die Adhärenz von Darmschlingen besser überprüfen kann.

Diese Kategorie ist zusammen mit Fisteln und Abszessen insofern von Interesse, als dass sie in Bezug auf die Vienna-Klassifikation die Patienten in eine Patientensubgruppe einsortiert, die einen ungünstigen Krankheitsverlauf aufweisen. Neben diesem „penetrierendem“ Typ unterscheidet man einen „stenosierenden“ und einen „nicht-stenosierenden, nicht-penetrierenden“ Typ, letztgenannter primär ohne Komplikationen. Diese Einteilung ist bezüglich therapeutischer Überlegungen von Interesse. Es ist jedoch zu beachten, dass sich die Zuordnung zu einer Patientengruppe im Verlauf ändern kann [44]. So kann in der Zusammenschau der Kategorien „Fisteln“, „Abszesse“ und „Konglomerattumor“ insgesamt dennoch eine Empfehlung zur primären Durchführung einer MR-Enterographie für die korrekte Zuordnung zu einer Patientensubpopulation bezüglich der Vienna-Klassifikation ausgesprochen werden.

6.2 Vergleichbare Studien in der Literatur

Die folgende Tabelle listet Studien auf, die sich mit dem Vergleich Sonographie und MRT bei Patienten mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen befassen.

Autor	Journal	Jahr	Studiendesign	Patienten (Anzahl, Diagnose)
Martínez	Abdom Imaging	2008	prospektiv	30, M. Crohn
	Evaluierung des Ausmaßes und der Entzündungsaktivität bei M. Crohn - Vergleich zwischen Sonographie und MRT: - Als Standard: Bariumuntersuchungen, OP und/oder Koloskopie (3 Monate Frist!) - US (91%;80%) und MRT (83%;72%) sind sensitiv in der Lokalisierung betroffener Darmabschnitte und in der Detektion transmuraler Komplikationen (US besser als MRT, aber nicht signifikant) - Signifikante Korrelation zw. Dopplerfluss im US und KM-Aufnahme im MRT - Signifikante Korrelation zw. perienterischen Veränderungen in US und MRT - Zusammenhang zwischen Wandverdickung/Colordopplerfluss im US, Enhancement im MRT und klinischer (CDAI) oder biolog. Aktivität (CRP, BSG) - Wanddicke signifikant höher im MRT als im US ausgemessen			
Pauls	Eur Radiol	2006	prospektiv	21, M. Crohn
	Dynamisches MRT versus KM-gestützter US zur Evaluierung der lokalen Vaskularisation in Darmwandverdickungen: - MRT: Dynamic Turbo-FLASH T1w Sequenzen aller 1,5sec post-KM für 1min - US: semiquantitative score, brightness analysis in regions of interest nach 1,2ml KM - Länge der dokumentierten Läsionen korreliert signifikant in US und MRT - Hohe Korrelation zwischen MRT und US bzgl. maximalem Enhancement - Beide Methoden zeigten eine Plateau-Phase			
Caprioli	Am J Gastroenterol	2006		31, M. Crohn
	MRT versus anales US bzgl. Aktivität perianaler Fisteln in Korrelation mit klinischer Untersuchung: - gute Übereinstimmung zw. MRT und klinischer Untersuchung - nur ausreichende Übereinstimmung zw. US und klinischer Untersuchung - US: Computergestützte Analyse verbessert die Übereinstimmung von ausreichend auf gut			
Felt-Bersma	Digestive und Liver Disease	2006		M. Crohn
	Endoanaler Ultraschall von perianalen Fisteln und Abszessen: - Applikation von H₂O₂ in externe Fistelöffnungen			

	- Vergleichbare Sensitivität wie endoanales MRT			
Pascu	Inflamm Bowel Dis	2004	prospektiv	61, IBD (37 MC, 24 CU)
	Klinische Relevanz des transabdominellen Ultraschalls und der MRT bei Patienten mit CED des terminalen Ileums und des Dickdarms: - Ziel: Ausmaß und Aktivität vergleichen bei Patienten mit Erkrankung des term. Ileums und des Kolons - Als Standardmethode Ileokoloskopie, Labor, klinische Aktivität - Richtigkeit zur Identifikation einer aktiven Erkrankung: US (89%) besser als MRT (73%), hierbei bessere Einschätzung bei Colitis ulcerosa möglich gegenüber M. Crohn - Korrelation zwischen endoskopischem Aktivitätsindex und US-Aktivitätsindex stärker als mit MR-Aktivitätsindex			
Schmidt	Z Gastroenterol	2003	prospektiv	48, M. Crohn
	Vergleich konv. Enteroklysma, Darm-US und MR-Enteroklysma zur Detektion von Veränderungen im Dünndarm sowie von Komplikationen: - Standard: konventionelles Enteroklysma - US und MRT haben das Potential, das konv. Enteroklysma zu ersetzen, da adäquate diagnostische Genauigkeit bzgl. Ausmaß, Schweregrad und Komplikationen - Äquivalente Ergebnisse der 3 Methoden hinsichtlich Länge der entzündeten Segmente (US: 3-25cm, Mittel 12cm; MRT: 3-25cm, Mittel 10cm; konv. E.: 3-30cm, Mittel 11cm), Darmwanddicke (US: 4-10mm, Mittel 7mm; MRT: 5-10mm, Mittel 7mm), Stenosen (US: 55,6% Sensitivität, 97,4% Spezif.; MRT: 44,4%, 100%; konv. E.: 66,7%, 100%), Fisteln (US: 55,6%, 97,4%; MRT: 44,4%, 100%; konv. E.: 66,7%, 100%), Abszesse (US: 66,7%, 100%; MRT: 83,3%, 100%; konv.E.: 0%, 100%) - Konv. Enteroklysma sollte komplexen Fistelsystemen vorbehalten bleiben			
Potthast	Eur Radiol	2002	retrospektiv	46, M. Crohn
	MR-Enteroklysma versus US: - Vergleich mit Enteroklysma, OP und/oder Koloskopie - MRT gegenüber US überlegen in Lokalisation, Fisteln, Stenosen und Abszessen			
Miao	Clin Radiol	2002	prospektiv	30, M. Crohn
	US versus MRT zur Evaluierung der Krankheitsaktivität: - Vergleich mit klinischer Einschätzung und Endoskopie/Bariumuntersuchung o. OP - Als M. Crohn-Aktivität Wandverdickung (US/MRT), KM Enhancement oder mesenteriale Vaskularisierung (MRT) definiert - US und MRT sensitiv zur Beurteilung der Crohn-Aktivität, wobei US höhere Spezifität aufweist			

Tab. 48: Vergleichbare Studien in der Literatur – Sonographie versus MRT bei CED

Zusammenfassend ergab die Literaturrecherche nach vergleichbaren Studien, dass sich die meisten Arbeiten mit der Krankheitsaktivität oder aber mit spezifischen Fragenstellungen (Fisteln) beschäftigen, wohingegen sich letztendlich nur zwei wirklich vergleichbare Studien [50][57] mit ähnlich umfassendem Ansatz zur eigenen Studie fanden. Diese wurden bereits im Abschnitt 6.1 in die Diskussion einbezogen. Beide werteten neben entzündeten Darmsegmenten und Stenosen auch extraintestinale Komplikationen wie Fisteln und Abszesse aus. Das Patientenkollektiv fiel in beiden Studien gegenüber der eigenen Arbeit deutlich kleiner aus mit 46 [50] und 48 [57] Patienten. Mit einer Anzahl von 250 Fallvergleichen ist ein derartiger Vergleich der eigenen vorliegenden Arbeit in der Literatur auf diesem Themengebiet bisher einzigartig. Zudem handelt es sich um ein realitätsnahes Ergebnis aus der Alltagsroutine, so dass die Schlussfolgerungen auch für den künftigen Praxisalltag Gültigkeit haben. Diesen Vorzug bietet auch die Studie von **Potthast et al.**, die sich ebenfalls eines retrospektiven Ansatzes bediente und zu vergleichbaren Ergebnissen kam und deshalb in der Tabelle hervorgehoben ist. Standardverfahren waren das konventionelle Enteroklysma, OP-Befunde und die Koloskopie. Diese Studie belegte die Überlegenheit der MRT gegenüber der Sonographie in der Lokalisation betroffener Darmsegmente (Sensitivität MRT 97,5%, US 76%), in der Erkennung von Fisteln (MRT 87%, US 31%), Stenosen (MRT 100%, US 58%) und Abszessen (MRT 100%, US 89%). Diese Ergebnisse sind aus den zwei nachstehenden Tabellen ersichtlich.

Sensitivität und Spezifität von Ultraschall und MRT			
		Sensitivität (%)	Spezifität (%)
(Neo-)terminals Ileum	Ultraschall	85	100
	MRT	100	80
Proximal des terminalen Ileum	Ultraschall	50	88
	MRT	87.5	100
Segmente	Ultraschall	76	75
	MRT	97.5	100
Stenosen	Ultraschall	58	100
	MRT	100	96
Abszesse	Ultraschall	89	92
	MRT	100	97
Fisteln	Ultraschall	31	100
	MRT	87	93

Tab. 49: Ergebnisse der Studie von Potthast et al. I [50]

Konkordante and diskrepante Befunde von MRT und Ultraschall										
<i>rp</i> richtig positiv, <i>rn</i> richtig negativ, <i>fp</i> falsch positiv, <i>fn</i> falsch negativ										
	Ultraschall				MRT				Keine Validierung	Keine Evaluation US
	rp	rn	fp	fn	rp	rn	fp	fn		
Terminal/neoterminal	34	4	0	6	40	4	1	0	1	1
Proximal	4	31	3	4 ^a	7	35	0	1 ^a	3	1
Segmente	28	3	1	9	39	2	0	1	4	1
Stenosen	10	27	0	7	16	26	1	1	2	0
Abszesse	8	33	3 ^b	1	9	35	1 ^b	0	1	0
Fisteln	5	26	0	11 ^a	13	25	2	2 ^a	4	0
^a Ultraschall und MRT falsch negativ in 1 Fall										
^b Ultraschall und MRT falsch positiv in 1 Fall										

Tab. 50: Ergebnisse der Studie von Potthast et al. II [50]

	Potthast et al.		Eigene Studie	
	US: falsch negativ	MRT: falsch negativ	Gruppe IV (MRT>US)	Gruppe III (US>MRT)
Darmwandveränderungen	22,0%	2,4%	15,2%* ³	11,2%* ³
Stenosen	15,9%	2,3%	28,8%* ¹	3,2%* ¹
Abszesse	2,2%	0%	6,4%* ²	1,6%* ²
Fisteln	26,2%	4,8%	12,8%* ¹	0,8%* ¹
Statistisch * ¹ hochsignifikant, * ² signifikant, * ³ nicht signifikant				

Tab. 51: Vergleich der Ergebnisse von Potthast mit eigener Studie

Ein direkter Vergleich der statistischen Werte ist aufgrund des fehlenden Goldstandards in der eigenen Studie nicht möglich. Die obige Gegenüberstellung der falsch negativen Werte in der Sonographie und der MRT bei Potthast kann zu unseren kritischen Gruppen III und IV ins Verhältnis gesetzt werden. Man beachte die zugrundegelegte Hypothese der eigenen Studie, dass ein in nur einer Modalität beschriebener Befund als real anzusehen ist und damit in der Gegenmodalität, in der er nicht beschrieben wurde, „übersehen“ wurde und damit eine Art „falsch negativen“ Wert ergibt.

Es ist nur unschwer zu erkennen, dass die falsch negativen Werte der Sonographie die der MRT in der Arbeit von Potthast et al. für jede Kategorie übertreffen (Spalte 2 gegenüber 3). D.h. ein Patient wies häufiger einen unauffälligen Befund in der Sonographie auf trotz Vorliegens einer entsprechenden Pathologie im Vergleich zur MRT. In der eigenen Studie

liegen deutlich mehr Fälle vor, in denen die MRT einen pathologischen Befund beschreibt, der jedoch nicht im US-Befund auftaucht gegenüber pathologischen Befunden, die ausschließlich in der Sonographie detektiert wurden (Spalte 4 gegenüber 5). Damit können die gewonnen Ergebnisse von Potthast et al. durch die vorliegende Studie bestätigt werden.

Potthast et al. zogen aus ihren Ergebnissen die Schlussfolgerung, dass eine MRT-Untersuchung bei Patienten trotz ihrer höheren Kosten bei Diskrepanz zwischen klinischen und sonographischen Befunden gerechtfertigt ist, insbesondere wenn der Verdacht auf Morbus Crohn typische Läsionen in dem terminalen Ileum vorgeschalteten Abschnitten oder der Verdacht auf Fisteln oder Abszesse besteht. Die Durchführung der Sonographie wurde von im Darmschall sehr erfahrenen Untersuchern durchgeführt im Gegensatz zur vorliegenden Studie (knapp die Hälfte). Ein weiterer Unterschied bestand in der Durchführung der MRT als MR-Enteroklysma anstatt einer MR-Enterographie sowie dem Vorliegen eines Standardverfahrens.

Etwas schärfer wurde in der eigenen vorliegenden Arbeit bei jeder Kategorie – ausgenommen Konglomerattumor – die Schlussfolgerung gezogen, dass auf eine MR-Enterographie bei allen CED-Patienten als objektive Bildgebung nicht verzichtet werden kann.

Schmidt et al. [57] hingegen verglichen prospektiv bei 48 Patienten mit M. Crohn die Länge der Darmwandveränderungen, die Darmwanddicke, die Detektion von Stenosen, Fisteln und Abszessen. Die Ergebnisse (Länge der entzündeten Segmente (US: 3-25cm, Mittel 12cm; MRT: 3-25cm, Mittel 10cm; konv. E.: 3-30cm, Mittel 11cm), Darmwanddicke (US: 4-10mm, Mittel 7mm; MRT: 5-10mm, Mittel 7mm), Stenosen (US: 55,6% Sensitivität, 97,4% Spezif.; MRT: 44,4%, 100%; konv. E.: 66,7%, 100%), Fisteln (US: 55,6%, 97,4%; MRT: 44,4%, 100%; konv. E.: 66,7%, 100%), Abszesse (US: 66,7%, 100%; MRT: 83,3%, 100%; konv. E.: 0%, 100%)) legen nahe, dass außer bei komplexen Fistelsystemen der Darmschall und das MR-Enteroklysma das Potential haben, den Goldstandard (konventionelles Enteroklysma) in der Diagnostik des Dünndarms und von Komplikationen bei CED zu ersetzen.

Das tendentiell bessere Resultat der Sonographie in der Rubrik Stenosen und Fisteln gegenüber dem MR-Enteroklysma widerspricht den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit, in der gerade die beiden Kategorien einen hochsignifikanten Unterschied zeigten. Einerseits muss bedacht werden, dass die Sonographie in der Studie von Schmidt et al. von erfahrenen Schallern durchgeführt wurde. Andererseits soll ein erneutes Mal auf die Möglichkeit der Überdiagnostik von Lumeneinengungen als Stenosen in der MRT in der eigenen Studie hingewiesen werden.

Martínez et al. [41] fanden in ihrer prospektiven Studie mit 30 eingeschlossenen M. Crohn Patienten Sensitivitäten in der Lokalisierung krankhaft veränderter Darmabschnitte von 91% für die Sonographie und 83% für die MRT sowie in der Detektion transmuraler Komplikationen von 80% für die Sonographie (82% für Fisteln) und 72% für die MRT (70% für Fisteln). Als Standardmethode bedienten sie sich Bariumuntersuchungen, OP-Befunden und/oder der Koloskopie mit einem maximalen Zeitintervall bis 3 Monaten. Es bestand keine statistische Signifikanz für die genannten Sensitivitäten. Die Wanddicken wurden signifikant höher mittels MRT gegenüber der Sonographie ausgemessen.

Im Abgleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie wurde, wenn auch nur ein Vergleich von 2 Fällen vorliegt, ebenfalls eine höhere Wanddicke in der MRT gegenüber der Sonographie angegeben. Trotz insgesamt 126 vorliegenden gleicher Lokalisationen mit

beschriebener Wandverdickung in Sonographie und MR-Enterographie mangelte der Vergleich an fehlender Quantifizierung der Wanddicke in mm vornehmlich durch die MRT (103 Fälle mit k.A. im MRT, 21 Fälle mit k.A. in US UND MRT). Die in unserer Studie erhaltenen höheren Werte von MRT-positiven Befunden bei US-negativem Befund gegenüber US-positiven Befunden bei MRT-negativem Befund für Darmwandveränderungen von 15,2% versus 11,2%, für Stenosen von 28,8% versus 3,2%, für Abszesse von 6,4% versus 1,6% und für Fisteln von 12,8% versus 0,8% lassen sich natürlich bei fehlendem Goldstandard nicht ohne Weiteres in Sensitivitäten und Spezifitäten übertragen und damit direkt vergleichen. Jedoch ist zumindest tendenziell ein entgegengesetztes Verhalten im Vergleich zu den Ergebnissen von Martínez et al. festzustellen. Kritisch an der Arbeit von Martínez et al. ist zum einen das kleine Patientenkollektiv von nur 30 Patienten zu sehen, zum anderen das festgesetzte maximale Zeitintervall von 3 Monaten zu sehen, ein Zeitraum, in dem die Morphologie pathologischer Veränderungen einem Wandel unterliegen kann.

Pauls et al. [48] führten eine prospektive Studie an 21 M. Crohn Patienten mit Darmwandverdickungen durch. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass eine hohe Korrelation zwischen MRT und KM-gestützter Sonographie im maximalen Enhancement der lokalen Vaskularisation in den wandverdickten Segmenten besteht. Darüber hinaus beschreiben sie eine signifikante Korrelation der Länge der dokumentierten wandverdickten Darmabschnitte in Sonographie und MRT.

Auf diesem Ergebnis stützt sich die vorliegende Arbeit insofern, als dass sie eine Hypervaskularisation in der Sonographie mit einem vermehrten Enhancement in der MRT in der Kategorie „Darmwandverdickungen“ gleichsetzt. Jedoch basieren die auszuwertenden Ultraschalluntersuchungen nicht auf einer Applikation von US-Kontrastmittel, sondern auf der Nutzung der (Power-)Dopplertechnik. Bezüglich der Länge der Darmwandveränderungen wurde fast die Hälfte aller Darmwandveränderungen (47,8%) sonographisch länger ausgemessen, hingegen 17,4% vergleichbar lang und 34,8% im MRT länger. Der Vergleich basiert auf 23 auszuwertenden Lokalisationen. In der Kategorie Stenosen erfuhren lediglich fünf Fälle eine Quantifizierung in beiden Modalitäten, mit dem Resultat, dass alle Stenosen sonographisch länger ausgemessen wurden.

Caprioli et al. [8] nahmen einen Vergleich zwischen MRT und analer Sonographie zur Aktivitätsbeurteilung perianaler Fisteln bei 31 M. Crohn Patienten vor. Als Standardmethode galt die klinische Untersuchung. Wohingegen zwischen klinischem Befund und MRT eine gute Übereinstimmung in der Aktivitätseinschätzung der Fisteln bestand, konnte nur eine ausreichende Übereinstimmung für die Sonographie erzielt werden. Diese lies sich jedoch auf eine vergleichbar gute Übereinstimmung unter Nutzung einer Computergestützten Analyse verbessern.

Diese Arbeit ist bezüglich der vorliegenden Ergebnisse für die Kategorie „Fisteln“ relevant: Bei einer Anzahl von 32 Fällen mit Fisteln, die nur mittels MRT detektiert wurden und damit in der Sonographie „übersehen“ wurden gegenüber lediglich 2 Fällen, die ausschließlich sonographisch beschrieben wurden und der MRT entgingen, muss ausdrücklich darauf verwiesen werden, dass lediglich transabdominelle Sonographie-Befunde zum Vergleich herangezogen wurden. Damit ist pauschal unterschlagen worden, dass die Sonographie durchaus imstande ist, bei spezifischer Fragestellung diese adäquat zu untersuchen, und zwar mittels transperinealem oder - unter Inkaufnahme einer erhöhten Invasivität – mittels endorektalem/-analem Ultraschall. Daher kann über ein besseres Abschneiden der

Sonographie in o.g. Kategorie spekuliert werden, wäre diese Variante der Sonographie mit in die Auswertung eingeflossen (siehe 6.1).

In diese Thematik fügt sich auch gut die Arbeit von **Felt-Bersma** [11] ein, die eine vergleichbare Sensitivität dem endoanalen Ultraschall nach Applikation von H₂O₂ in die externe Fistelöffnung wie dem endoanalen MRT zuschreibt.

Pascu et al. [47] untersuchten prospektiv 61 CED-Patienten mit Befall des terminalen Ileums und des Kolons mittels transabdominellen Ultraschall und MRT. Dabei wurden als Standardmethode die Ileokoloskopie, Laborparameter und die klinische Aktivität herangezogen. Die Ergebnisse zeigten eine Richtigkeit zur Identifizierung einer aktiven Erkrankung von 89% mittels Sonographie und 73% mittels MRT, wobei eine bessere Aktivitätseinschätzung bei Patienten mit Colitis ulcerosa gelang gegenüber Patienten mit M. Crohn. Der endoskopische Aktivitätsindex korrelierte stärker mit dem US-Aktivitätsindex als mit dem MR-Aktivitätsindex. Daher zogen die Autoren den Schluss, die Sonographie als Methode der ersten Wahl zur Verlaufskontrolle in dieser Patientengruppe zu empfehlen.

Als Kritik an der Vorgehensweise der eigenen vorliegenden Arbeit ist abermals der fehlende Goldstandard zu nennen, desweiteren wurde kein Bezug genommen auf den Aktivitätsgrad.

Miao et al. [42] evaluierten prospektiv an 30 Patienten mit M. Crohn die Möglichkeit der Bestimmung der Krankheitsaktivität anhand der Sonographie sowie der MRT. Als Standard wurden die klinische Einschätzung, die Endoskopie, Bariumuntersuchungen und OP-Befunde herangezogen. Es bestand eine statistisch signifikante Korrelation zwischen Aktivität der Erkrankung und Wandverdickung in beiden Modalitäten, ein KM-Enhancement oder die mesenteriale Vaskularisation in der MRT. Als Ergebnis urteilen Miao et al., dass sowohl die Sonographie als auch die MRT sensitiv (87%) zur Beurteilung der Crohn-Aktivität sind, wobei der Ultraschall die höhere Spezifität (100% US versus 71% MRT) aufweist.

In der eigenen Studie kamen damit Parameter (Darmwandverdickung, KM-Enhancement, „Comb sign“) zur Anwendung, die für eine Aktivität der Erkrankung sprechen.

6.3 Kritik der Studie

Die zugrundeliegenden Bedingungen der vorliegenden Arbeit sollen im Folgenden einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.

Im Gegensatz zur bisher vorliegenden Literatur weist die Arbeit mit insgesamt 250 Fallvergleichen eine sehr hohe Patientenanzahl auf. Als Hauptkritikpunkt ist der fehlende Vergleich mit einem Standardverfahren, so z.B. mit Koloskopie-Befunden, OP-Befunden oder dem konventionellen Enteroklysma anzuführen. Dies hätte jedoch zu einer deutlichen Verminderung der Fallzahl der eingeschlossenen Patienten geführt.

Durch die Tatsache, dass es sich um eine retrospektive Studie handelt, kann letztendlich nicht sichergestellt werden, dass die zu fordernden Untersuchungsbedingungen (z.B. Nüchternheit)

zwingend eingehalten wurden. Ebenso fanden innerhalb des Untersuchungszeitraumes von 1999 bis 2007 ein Wandel der Gerätetechnologien sowie eine Anpassung der Untersuchungsprotokolle und ihrer Sequenzen statt. Selbst das Kontrastmittel, sowohl enteral als auch intravenös, unterlag einem Wechsel. Gleichmaßen verbesserte sich die Technologie in der Sonographie, so dass für alle eingeschlossenen Patienten kein einheitliches Procedere vorlag.

Die Retrospektivität und Dauer des Untersuchungszeitraumes bietet jedoch auch Vorteile. Darunter fällt die Unwissenheit bzw. Unvoreingenommenheit der Untersucher, an einer Studie teilzunehmen. Des Weiteren spiegeln die Ergebnisse die Alltagssituation wider, zumal die Ultraschalluntersuchungen nicht nur von erfahrenen Untersuchern durchgeführt wurden. Ebenso kann angenommen werden, dass die Anzahl der Befunder sowohl in der MR-Enterographie als auch in der Sonographie deutlich höher ist, als wie dies in einer prospektiv geplanten Studie sein würde. Schließlich entspricht die Untersuchungsdauer dem der alltäglichen Situation. Es kann gemutmaßt werden, dass man einen wissentlichen Studienpatienten deutlich länger untersucht bzw. mehr Zeit für die Befundung aufgebracht hätte.

In der Kategorie „Stenosen“ liegt noch ein spezifisches schon im Ergebnisteil diskutiertes Problem vor. Die Formulierung „Lumeneinengung“ wurde zunächst als Treffer gewertet. Doch bei der hohen Anzahl an Fällen mit in der MR-Enterographie beschriebenen Stenosen (72 Fälle) bei sonographisch unauffälligem Befund muss überlegt werden, ob entgegen den bisherigen Annahmen (MRT als Standard für die Sonographie zu setzen und damit alle krankhaften Befunde im MRT als real anzusehen) hier nicht doch die MR-Enterographie übertreibt und schon bei physiologischen Kontraktion durch Peristaltik eine Stenose annimmt. Demgegenüber bietet die Sonographie den Vorteil einer dynamischen Untersuchung: bei jeder vermuteten Stenose erfolgt i.d.R. die Angabe, ob Pendelperistaltik oder propulsiv gerichtete Peristaltik vorliegt. Die MRT kann lediglich prüfen, ob eine in einer Sequenz gefundene Lumeneinengung sich tatsächlich in allen anderen durchgeführten Sequenzen nachvollziehen lässt.

Positive Kritik	Negative Kritik
- Große Patientenzahl	- Kein Vergleich mit Standardverfahren (Koloskopie, Enteroklysma, OP ...)
- Realitätsbezug/Alltagssituation: auch unerfahrene Schaller - Unwissenheit, an einer Studie teilzunehmen	- Retrospektivität (keine Standarduntersuchungsbedingungen)

Tab. 52: Kritik der Studie

6.4 Realitätsbezug: Umsetzung der Forderung in den Praxisalltag

Basierend auf unserem Vergleich zwischen hochauflösendem Ultraschall und der MRT kann zur umfassenden Diagnostik von intra- und extraluminalen Manifestationen bei Patienten mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen kaum auf die MR-Enterographie verzichtet werden. Um die Umsetzbarkeit in den Praxisalltag zu beurteilen, soll zu den einleitenden Grundlagen Bezug genommen werden. Im Abschnitt 2.3.2 wurden bereits die Vor- und Nachteile jeder Modalität aufgelistet.

Zusammengefasst zählen auf der Seite der Sonographie die ubiquitäre Verfügbarkeit, die hohe Patientenakzeptanz, die Möglichkeit der Beurteilung der Peristaltik (funktionelle Untersuchung) sowie die Möglichkeit der Beurteilbarkeit der Darmwandperfusion zu den Vorteilen. Der bisher vielfach erwähnte Vorteil der niedrigeren Kosten der Sonographie muss durch die zunehmende Nutzung von US-Kontrastmittel kritisch gesehen werden. Zudem fällt bei Standardisierung der Untersuchungsprogramme bei der MR-Enterographie der Zeitaufwand deutlich niedriger ins Gewicht als vor einigen Jahren.

Als Nachteile des US sind methodisch bedingte Einschränkungen bei Adipositas und Meteorismus und anatomischen Schwierigkeiten in der Beurteilung von Duodenum, Jejunum, distalem Sigma und Rektum anzuführen. Schließlich handelt es sich um ein Verfahren mit starker Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers.

Demgegenüber müssen bei der Durchführung einer MR-Enterographie folgende Aspekte berücksichtigt werden: Kontraindikationen für die MRT (Herzschrittmacher, magnetisierbare Metalle) sowie Kontraindikationen für gadoliniumhaltige Präparate (Niereninsuffizienz, Allergien). Als weitere Nachteile sind die geringere Ortsauflösung sowie Artefakte durch Atemexkursionen oder Peristaltik zu beachten. Die MRT ist der Sonographie bezüglich der Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers überlegen.

Als vorteilhaft erweist sich bei beiden Modalitäten die fehlende Strahlenexposition sowie die Möglichkeit der Beurteilung eines trans- bzw. extramukosalen Befalls.

	Sonographie	MR-Enterographie
Vorteile	- hohe Patientenakzeptanz - ubiquitär verfügbar - kostengünstig (außer: Gabe von US-KM) - funktionelle Untersuchung - Darmwandperfusion	- jede Lokalisation komplett einsehbar - keine Einschränkung durch Adipositas - keine Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers
Nachteile	- Adipositas, Meteorismus - schwer einsehbare Lokalisationen: Duodenum, Jejunum, distales Sigma, Rektum - Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers	- MRT- und Gadolinium-Kontraindikationen - Artefakte (Atemexkursionen, Peristaltik) - geringere Ortsauflösung
Gemeinsamkeiten	- Beurteilung eines trans-/extramukosalen Befalls - keine ionisierende Strahlung	

Tab. 53: Modalitätenvergleich Sonographie versus MR-Enterographie

Ein prinzipielles Problem ist in der limitierten Verfügbarkeit und den höheren Kosten der MRT als primäre Untersuchungsmodalität zu sehen. Eine primär durchgeführte Ultraschalluntersuchung mit unauffälligem Befund sollte daher möglichst eine MR-Enterographie nach sich ziehen, sofern der Patient die klinischen Symptome und Veränderungen, die für eine CED sprechen, aufweist.

Bei der schlechten Beurteilbarkeit der Sonographie bezüglich perirektaler/-analer Abszesse und Fisteln muss man sich bezüglich der Methode bewusst sein, dass hier der Einsatz von transperinealem und/oder endorektalem US die Methoden der Wahl darstellen.

6.5 Leitlinien

Als abschließende Beurteilung soll auf den Stellenwert der Sonographie und der MRT-Untersuchung in den aktuellen Leitlinien Bezug genommen werden.

6.5.1 Colitis ulcerosa

6.5.1.1 Deutsche Leitlinien zur Diagnostik und Therapie der Colitis ulcerosa

6.5.1.1.1 Sonographie

Die Ergebnisse der evidenzbasierten Konsensuskonferenz der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselerkrankungen zusammen mit dem Kompetenznetz chronisch entzündliche Darmerkrankungen aus dem Jahre 2004 lassen sich für die hochauflösende Sonographie in folgenden Punkten zusammenfassen [28]:

1. Sie sollte Bestandteil sowohl der **Initial- als auch der Verlaufsdagnostik** sein sowie bei Verdacht auf Komplikationen eingesetzt werden. Eingestanden werden die heterogenen Erfahrungen und Expertisen. Der Ultraschall erlaubt die Beurteilung der Längenausdehnung einer Wandinfiltration und möglicher Komplikationen.
2. Obwohl die Sensitivität durch die **Hydrokolonsonographie** noch verbessert werden kann, wird diesem Verfahren in der Praxis keine generelle Empfehlung zugestanden.
3. Die **Kontrastmittelsonographie** ist derzeit noch im experimentellen Stadium.
4. Die **EUS** hat keinen generellen Stellenwert in der Diagnostik der CU, da bislang Standards fehlen. Ihr Einsatz ist jedoch sinnvoll im Staging von rektalen Tumoren und Abszessen.
5. Die **Doppler-Sonographie** der Mesenterialarterien hat keinen festen Stellenwert bei erheblicher Untersucherabhängigkeit und bislang fehlenden Flussratenstandards. Für die Dopplersonographie der Darmwand ist die Datenlage noch unzureichend.

6.5.1.1.2 MRT

In Analogie wurden folgende Empfehlungen für die Magnetresonanztomographie ausgesprochen [28]:

1. **MR-Enteroklysma**/CT-Sellink/konventionelles Enteroklysma sollten zur Abgrenzung von einem M. Crohn durchgeführt werden, wobei das MR-Enteroklysma ein noch nicht standardisiertes Verfahren darstellt und bislang keine ausreichenden Daten für Colitis ulcerosa vorliegen. Allerdings erbringt die MRT neben der Abbildung des Darms zusätzliche Informationen über mögliche Begleitreaktionen bzw. Komplikationen. In der Differentialdiagnose zum M. Crohn wird ihre Aussagekraft

bezogen auf die Dünndarmdarstellung im Vergleich zum Röntgen-Sellink oder CT-Sellink bei technisch adäquater Durchführung als mindestens gleichwertig eingeschätzt.

2. Für die Abklärung der Dignität einer endoskopisch nicht passierbaren Stenose kann keine generelle Empfehlung zur Wahl weiterer diagnostischer Maßnahmen gegeben werden. Infrage kommen primär der Wechsel auf ein pädiatrisches oder nasales Gerät, bei Erfolglosigkeit die Kontrastdarstellung der Stenose über einen Katheter im Rahmen der Endoskopie, die **MR-** oder **CT-Kolographie** sowie die chirurgische Exploration. Auch die Durchführung einer Sonographie als nichtinvasive Methode gibt häufig zusätzliche Informationen.

6.5.1.2 Europäische Leitlinien

Da die deutschen Leitlinien für Colitis ulcerosa im Jahre 2004 zuletzt überarbeitet wurden, wird ergänzend noch auf die europäischen Leitlinien des Jahres 2007 eingegangen [71].

6.5.1.2.1 Sonographie

1. Der **transabdominelle Ultraschall** und die **Hydrokolonsonographie** sind von sekundärem Wert in der Beurteilung des Ausmaßes der CU. Die Sonographie weist eine niedrige Spezifität in der Differentialdiagnose gegenüber anderen Ursachen für eine Colitis auf und ist stark abhängig von der Erfahrung des Untersuchers.
2. Die **Doppler-Sonographie** stellt eine komplementäre Technik in der Beurteilung der Krankheitsaktivität bei Durchführung durch einen erfahrenen Schaller dar.

6.5.1.2.2 MRT

1. Eine Dünndarmdiagnostik (Enteroklysma, fraktionierte Magen-Darm-Passage, CT-/**MR-Enteroklysma** oder WCE) ist routinemäßig nicht empfohlen. Ihr Einsatz sollte nur bei diagnostischen Schwierigkeiten (rektale Aussparung, atypische Symptomatik, Backwashileitis) interdisziplinär diskutiert werden.
2. Die virtuelle Kolographie (**MR-/CT-Kolographie**) steckt noch in der Entwicklungsphase und spielt derzeit keine Rolle in der Diagnostik der CU. Ihr weitaus überlegen ist die standardisierte Koloskopie. Bei endoskopisch nicht passierbaren Stenosen kann auf diese Methoden zurückgegriffen werden, jedoch erst nach Anwendung eines Doppel- oder Monokontrasteinlaufes.

6.5.2 Morbus Crohn

6.5.2.1 Deutsche Leitlinien zur Diagnostik und Therapie des M. Crohn

Die Inhalte der evidenzbasierten Konsensuskonferenz der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten zusammen mit dem Kompetenznetz Chronisch entzündliche Darmerkrankungen zur Diagnostik und Therapie des M. Crohn vom Juni 2007 werden im Folgenden resümiert [19].

6.5.2.1.1 Sonographie

1. Im Gegensatz zur MR-Enterographie wird der **transabdominelle Ultraschall** explizit als Basisuntersuchung zur Etablierung der Diagnose bei Verdacht auf M. Crohn aufgelistet und steht gleichrangig neben der obligaten Ileokoloskopie mit Biopsien aus dem terminalem Ileum und jedem Dickdarmsegment sowie einer erweiterten Dünndarmdiagnostik.
2. Zur Dünndarmdiagnostik sollte die **hochauflösende Ultraschalluntersuchung** durch eine weitere komplette Bildgebung, wegen der fehlenden Strahlenexposition **bevorzugt durch die MRT-Untersuchung des Dünndarms**, ergänzt werden.
3. Durch **orale Kontrastmittelgabe** (PEG) kann die Sensitivität der Sonographie verbessert und die Untersucher-Abhängigkeit des Verfahrens reduziert werden.
4. Durch **Doppler-sonographische Flussmessungen in den Mesenterialarterien** können Ausmaß entzündlicher Veränderungen und Ansprechen auf die Therapie besser abgeschätzt werden.
5. Mittels **Power-Doppler** kann der Blutfluss auch in der **Darmwand** direkt dargestellt und quantifiziert werden. Unklar ist allerdings die Relevanz dieser Messungen für die Verlaufsbeurteilung.
6. Die **KM-Sonographie** bleibt vorerst zentrumsbeschränkt. Es gibt Hinweise auf eine Differenzierung akut entzündlicher gegenüber narbigen Veränderungen.
7. Bei klinischem **Rezidiv** sollte immer eine sonographische Diagnostik erfolgen. Eine ergänzende Diagnostik mit anderen bildgebenden Verfahren und Endoskopie ist bei unklarem Befund oder Verdacht auf Komplikationen erforderlich.
8. Zur Abklärung endoskopisch nicht erreichbarer Darmabschnitte bei Strikturen gehören neben dem **transabdominellen Ultraschall** konventionelle radiologische Techniken wie etwa Doppelkontrastuntersuchungen zu den etablierten Methoden der Wahl. Virtueller endoskopische Techniken wie die CT- oder **MR-Kolographie** sind in der Hand von erfahrenen Untersuchern zur weiteren Abklärung endoskopisch nicht erreichbarer Darmabschnitte eine empfehlenswerte Alternative.

6.5.2.1.2 MRT

1. Zur Dünndarmdiagnostik sollte die **hochauflösende Ultraschalluntersuchung** durch eine weitere komplette Bildgebung, wegen der fehlenden Strahlenexposition **bevorzugt durch die MRT-Untersuchung des Dünndarms**, ergänzt werden.
2. Bei Verdacht auf **extramurale Komplikationen** wie Fisteln oder Abszesse sind der Ultraschall, die CT und/oder die MRT geeignete Untersuchungsmethoden.
3. **Bei klinischem Rezidiv** kommt die MR- oder CT-Enterographie ergänzend zur transabdominellen Sonographie bei nicht eindeutigen Ergebnissen zum Einsatz. Im Kommentar werden die verschiedenen Vor- und Nachteile der Methoden diskutiert (Sonographie leicht verfügbar, hoch sensitive Basisuntersuchung, aber schlechte Schallbedingungen durch luftgefüllten Darm; CT o. MRT höhere Sensitivität und Spezifität, CT schnell verfügbar, ggf. Drainagentherapie, Strahlenexposition; MRT keine ionisierende Strahlung, gleiche Sensitivität bei Abszessen, deutlich höhere Sensitivität bei Fistelbeurteilung).

Mit den Ergebnissen der hier vorliegenden Studie konnte dazu gezeigt werden, dass die in den Leitlinien als Basisuntersuchung empfohlene hochauflösende Darmsonographie in einigen Fällen nicht zur umfassenden Untersuchung des Dünndarms sowie typischer Komplikationen wie Abszesse und Stenosen ausreichend ist. Gerade zur Primärdiagnostik, die eine vollständige Dünndarmabklärung fordert, kann der primäre Einsatz der MRT des Dünndarms in Erwägung gezogen werden. Hier sollten weitere prospektive Untersuchungen unter Berücksichtigung von ökonomischen Daten der Untersuchungsmodalitäten bzw. therapeutischer Konsequenzen durchgeführt werden.

In die Tat ohne Mehraufwand direkt umsetzen lässt sich der Wunsch nach klaren und wertenden Befunden in der Sonographie, die sich nach den uns vorliegenden Befunden sehr oft rein deskriptiv hielten. Ebenso leicht durchzuführen wäre die genauere Quantifizierung der pathologischen Veränderungen (Wanddicke, Länge, Größenausmaße).

7 Zusammenfassung

In der Literatur existieren bisher nur wenige Studien, die einen direkten Vergleich zwischen hochauflösender Sonographie und MRT zur Diagnostik bei CED-Patienten anstellen. Die meisten Arbeiten weisen ein kleines Patientenkollektiv auf, andere wiederum schlossen ausschließlich sonographisch sehr erfahrene Untersucher ein, was nicht der Realität von Routineuntersuchungen entspricht. Schließlich liegen nur zwei wirklich umfassende Arbeiten vor, die das gesamte Spektrum an morphologisch fassbaren Pathologien im Rahmen der CED vergleichen. Der Großteil der veröffentlichten Studien beschäftigt sich mit spezifischen Fragestellungen, wie etwa der Fisteldiagnostik oder der Darmwandvaskularisation.

Die vorliegende Arbeit setzte sich zum Ziel, einen möglichst umfassenden Vergleich zwischen hochauflösender Sonographie und MR-Enterographie bei Patienten mit CED realitätsnah vorzunehmen. Der Vorzug liegt in der hohen Fallzahl mit 250 Patienten sowie einem nicht selektionierten Patientengut aus der Alltagsroutine sowie Einschluss auch unerfahrener Schaller. Bei fehlendem Goldstandard wurde jede beschriebene Pathologie - sei es durch die Sonographie, sei es durch die MR-Enterographie - als real angesehen.

Die vorliegende Arbeit verglich retrospektiv über einen Zeitraum von über sechs Jahren (10/1999 bis 01/2007) insgesamt 250 Fälle von 207 Patienten mit gesicherter Diagnose einer CED, die sich innerhalb von 14 Tagen einer hochauflösende Darmultraschalluntersuchung sowie eine MR-Enterographie unterzogen.

Es erfolgte eine segmentbezogene sowie eine patientenbezogene Auswertung der 250 Fälle für die Kategorien „pathologische Darmwandveränderungen“, „Stenosen“, „Abszesse“, „Fisteln“, „lokoregionäre LK“, „Creeping fat / Comb sign“ und „Konglomerattumor“.

In der **segmentbezogenen Auswertung** übertreffen die ausschließlich durch die MR-Enterographie beschriebenen Pathologien jeder Kategorie die der Sonographie (außer Konglomerattumoren). So gliedern sich die insgesamt 673 beschriebenen pathologischen Darmwandveränderungen in 171 Segmente (25,4%), die in beiden Modalitäten übereinstimmend befundet wurden, in 234 Segmente (34,8%), die nur durch die Sonographie detektiert wurden, und in 268 (39,8%) Segmente, die nur durch die MR-Enterographie beschrieben wurden. Von 167 Stenosen wurden 13 (7,8%) gemeinsam, 19 (11,4%) ausschließlich durch die Sonographie und 135 (80,8%) ausschließlich durch die MRT befundet. Die 41 gesichteten Abszesse gliedern sich in 6 (14,6%) gemeinsam, 12 (29,3%) nur durch den Ultraschall und 23 (56,1%) nur durch die MRT detektierte Abszesse. Bei den 44 Fisteln bzw. Fistelsystemen wurden 4 (9,1%) gemeinsam durch beide Modalitäten, 4 (9,1%) nur durch die Sonographie, hingegen 36 (81,8%) nur durch die MRT erkannt. Die 63 Fälle mit lokoregionären LK gliedern sich in 4 (6,3%) gemeinsame, 15 (23,8%) sonographisch und 44 (69,8%) MR-tomographisch detektierte Fälle. Bei den 68 Fällen mit beschriebenem „Creeping fat“ und/oder „Comb sign“ als indirekte Entzündungszeichen belaufen sich 4 (5,9%) auf gemeinsam erkannte, 4 (5,9%) sonographisch und 60 (88,2%) MR-tomographisch erkannte Fälle. Schließlich gliedern sich die 24 Konglomerattumoren in 3 (12,5%) durch beide Modalitäten beschriebene, 11 (45,8%) ausschließlich durch die Sonographie und 10 (41,7%) ausschließlich durch die MRT beschriebene Konglomerattumoren.

In der **patientenbezogenen Auswertung** sind die Patientengruppen mit lediglich in einer Modalität erkannten Pathologien von Interesse, die in der Gegenmethode nicht beschrieben wurden und damit bei ausschließlicher Anwendung der Gegenmethode einer weiteren Therapie entgangen wären. So wurden 38 (15,2%) Patienten mit MR-tomographisch gesicherten pathologischen Darmwandveränderungen, 72 (28,8%) mit Stenosen, 16 (6,4%) mit Abszessen, 32 (12,8%) mit Fisteln, 44 (17,6%) mit lokoregionären LK, 60 (24,0%) mit „Creeping fat / Comb sign“ und 10 (4,0%) mit Konglomerattumoren durch die Sonographie nicht erkannt. Die Patientenzahlen für den umgekehrten Fall sind weitaus niedriger, so dass in der MRT insgesamt 28 (11,2%) Patienten mit pathologischen Darmwandveränderungen (nicht signifikant), 8 (3,2%) mit Stenosen (hochsignifikant), 4 (1,6%) mit Abszesse (signifikant), 2 (0,8%) mit Fisteln (hochsignifikant), 15 (6,0%) mit lokoregionären LK und 4 (1,6%) mit „Creeping fat / Comb sign“ dem Nachweis entgingen. Lediglich die Kategorie „Konglomerattumor“ schneidet MR-tomographisch schlechter ab, jedoch ohne statistisch signifikanten Unterschied. Hier wurden 11 (4,4%) sonographisch verifizierte Konglomerattumoren durch die MRT nicht erkannt.

In der Kategorie Darmwandveränderungen fallen die sonographischen Befunde überwiegend deskriptiv ohne Wertung aus. Es mangelt häufig an einer Quantifizierung beschriebener Pathologien in beiden Modalitäten. Die Erfahrung des Untersuchers in der Sonographie spielt eine Rolle in den Kategorien „Darmwandveränderungen“, „Stenosen“ und „Fisteln“. Schwachstellen der Sonographie bestehen insbesondere in der Region des kleinen Beckens. Falls eine chirurgische Therapie geplant ist, überzeugt die MRT gegenüber dem Ultraschall in der genaueren Lokalisationsdiagnostik pathologischer Veränderungen. Für beide Modalitäten ist eine bessere Quantifizierung beschriebener Pathologien wünschenswert.

Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse sollte bei CED-Patienten nicht auf die MRE als objektive Bildgebung verzichtet werden: Dies gilt gleichermaßen für die Abklärung von Darmwandveränderungen, Stenosen, Abszessen und Fisteln. Inwieweit dieser Forderung nachgekommen werden kann, bleibt auch unter ökonomischen Gründen zu diskutieren und bedarf weiterer Studien zu diesem Thema.

8 Abkürzungsverzeichnis

CED	chronisch entzündliche Darmerkrankungen
CU	Colitis ulcerosa
Hp	Hyperperfusion
KM	Kontrastmittel
LK	Lymphknoten
MC	Morbus Crohn
MRE	Magnetresonanz-Enterographie
MRT	Magnetresonanz-Tomographie
US	Ultraschall
Wv	Wandverdickung

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Morbus Crohn – Befallsmuster [3].....	10
Abb. 2: Colitis ulcerosa –Befallsmuster [3]	11
Abb. 3: CED – Extraintestinale Manifestationen [3]	12
Abb. 4: Bildung des Patientenkollektivs für 250 Fallvergleiche	31
Abb. 5: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde – allgemeines Schema	39
Abb. 6: Altersverteilung des Patientenkollektivs	42
Abb. 7: Geschlechtsverteilung in Abhängigkeit vom Alter	43
Abb. 8: Zeitraum zwischen Sonographie und MR-Entergraphie	44
Abb. 9: Lokalisation - Einteilung in Darmabschnitte	46
Abb. 10: Lokalisationen der befallenen Segmente - Darmwandveränderungen.....	53
Abb. 11: Segmentbezogene Spezifizierung der Darmwandveränderungen I	54
Abb. 12: Segmentbezogene Spezifizierung der Darmwandveränderungen II	55
Abb. 13: Vergleich der Längenausdehnung der Darmwandveränderungen I.....	56
Abb. 14: Vergleich der Wanddicke der Darmwandveränderungen	58
Abb. 15: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde US>MRT - Darmwandveränderungen .	62
Abb. 16: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Darmwandveränderungen .	63
Abb. 17: Lokalisationen der befallenen Segmente – Stenosen	67
Abb. 18: Indirekte Stenosezeichen in der Sonographie	68
Abb. 19: Indirekte Stenosezeichen in der MR-Enterographie	69
Abb. 20: Vergleich des Grades der Lumeneingengung der Stenosen.....	70
Abb. 21: Vergleich der Längenausdehnung der Stenosen I.....	70
Abb. 22: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde US>MRT - Stenosen	72
Abb. 23: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Stenosen	74
Abb. 24: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde US>MRT – Abszesse	79
Abb. 25: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Abszesse.....	80
Abb. 26: Lokalisationen - Abszesse	82
Abb. 27: Vergleich der Größenangaben der Abszesse I	84
Abb. 28: Mögliche Gründe für diskrepante Befunde MRT>US - Fisteln.....	87
Abb. 29: Anzahl der Fisteln je Fall	88
Abb. 30: Lokalisationen - Fisteln	89
Abb. 31: Vergleich der Größenangabe der lokoregionären Lymphknoten I.....	92

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Risikofaktoren für die Karzinomentstehung bei CED [56]	13
Tab. 2: Bildgebende Verfahren im Überblick	15
Tab. 3: Vergleich der bildgebenden Verfahren [35]	26
Tab. 4: Patientengruppen aller durchgeführten MR-Entergraphien	30
Tab. 5: Kontrastmittel-Gabe und -Menge	32
Tab. 6: Untersuchungsprotokoll –Sequenzen für die MR-Enterographie.....	33
Tab. 7: Untersuchungsprotokoll – Sequenzen für das Fistelprogramm	33
Tab. 8: Wertung der verwendeten Formulierungen in den Befunden.....	35
Tab. 9: Tabellarische Fallzuordnung – allgemeines Schema	36
Tab. 10: Vierfeldertafel - allgemeines Schema	37
Tab. 11: 3-Stufenkonzept der Sonographie des Abdomens: Sektion Innere Medizin der DEGUM	38
Tab. 12: Einfluss der US-Erfahrung des Untersuchers – allgemeines Schema	40
Tab. 13: Vierfeldertafel – allgemeines Schema	41
Tab. 14: Anzahl der Untersucher je nach Erfahrung im Verhältnis zur Anzahl aller US- Untersuchungen.....	45
Tab. 15: Spezifizierung der Darmwandveränderungen.....	48
Tab. 16: Tabellarische Fallzuordnung – Darmwandveränderungen	51
Tab. 17: Vergleich der Längenausdehnung der Darmwandveränderungen II	57
Tab. 18: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall mit identischer Lokalisation.....	59
Tab. 19: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall und/oder Hyperperfusion/KM-Aufnahme mit identischer Lokalisation	59
Tab. 20: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall unabhängig von der Lokalisation.....	60
Tab. 21: Vierfeldertafel – Entzündung/Befall und/oder Hyperperfusion/KM-Aufnahme unabhängig von der Lokalisation	60
Tab. 22: Vierfeldertafel – sämtliche Darmwandveränderungen unabhängig von der Lokalisation	61
Tab. 23: Einfluss der sonographischen Erfahrung US>MRT - Darmwandveränderungen	62
Tab. 24: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Darmwandveränderungen	64
Tab. 25: Tabellarische Fallzuordnung - Stenosen.....	65
Tab. 26: Vergleich der Längenausdehnung der Stenosen II	70
Tab. 27: Vierfeldertafel - Stenosen	71
Tab. 28: Einfluss der sonographischen Erfahrung US>MRT - Stenosen	73
Tab. 29: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Stenosen	75
Tab. 30: Tabellarische Fallzuordnung - Abszesse	76
Tab. 31: Vierfeldertafel – Abszesse	77
Tab. 32: Einfluss der sonographischen Erfahrung US>MRT - Abszesse.....	79
Tab. 33: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Abszesse.....	81
Tab. 34: Vergleich der Größenangaben der Abszesse II.....	84
Tab. 35: Tabellarische Fallzuordnung - Fisteln	85
Tab. 36: Vierfeldertafel - Fisteln.....	86
Tab. 37: Einfluss der sonographischen Erfahrung MRT>US - Fisteln.....	88
Tab. 38: Vergleich der gemeinsam detektierten Fistellokalisierungen	90
Tab. 39: Vierfeldertafel – Lokoregionäre Lymphknoten	91
Tab. 40: Vergleich der Größenangabe der lokoregionären Lymphknoten II.....	92

Tab. 41: Vierfeldertafel – “Creeping fat” und “Comb sign”	93
Tab. 42: Vierfeldertafel - Konglomerattumor	94
Tab. 43: Zusammenfassung der Ergebnisse - Überblick.....	96
Tab. 44: Zusammenfassung der Ergebnisse – segmentbezogene Auswertung.....	97
Tab. 45: Zusammenfassung der Ergebnisse – patientenbezogene Auswertung.....	98
Tab. 46: Vierfeldertafel - allgemeines Schema	99
Tab. 47: Zusammenfassung der Gründe für diskrepante Befunde	100
Tab. 48: Vergleichbare Studien in der Literatur – Sonographie versus MRT bei CED	106
Tab. 49: Ergebnisse der Studie von Potthast et al. I [50]	107
Tab. 50: Ergebnisse der Studie von Potthast et al. II [50].....	108
Tab. 51: Vergleich der Ergebnisse von Potthast mit eigener Studie	108
Tab. 52: Kritik der Studie.....	112
Tab. 53: Modalitätenvergleich Sonographie versus MR-Enterographie.....	114

11 Literaturverzeichnis

- [1] Ajaj, W., et al., *Small bowel hydro-MR imaging for optimized ileocecal distension in Crohn's disease: should an additional rectal enema filling be performed?* J Magn Reson Imaging, 2005. **22**(1): p. 92-100.
- [2] Alice, S., et al., *Radiographic Examination of the Small Bowel: Survey of Practice Pattern in the United States*. Radiology, 2004. **231**: p. 407-412.
- [3] Andus, T. *Medizinisches Stichwortverzeichnis zu chronisch entzündlichen Darmerkrankungen*. Falk Foundation e.V., 2007. **19**: 1-48.
- [4] Albert, J., et al., *Die Kapselendoskopie im Spektrum der modernen Dünndarm-Diagnostik*. Ärzteblatt Sachsen-Anhalt, 2006. **2**: p. 41-46.
- [5] Ardizzone, S., et al., *Extraintestinal manifestations of inflammatory bowel disease*. Dig Liver Dis, 2008. **40**(2): p. 253-9.
- [6] Byrne, MF., et al., *Assessment of Crohn's disease activity by Doppler sonography of the superior mesenteric artery, clinical evaluation and the Crohn's disease activity index: a prospective study*. Clin Radiol, 2001. **56**(12): p. 973-8.
- [7] Calabrese, E., et al., *Crohn's disease: a comparative prospective study of transabdominal ultrasonography, small intestine contrast ultrasonography, and small bowel enema*. Inflamm Bowel Dis, 2005. **11**(2): p. 139-45.
- [8] Caprioli, F., et al., *Computer-assisted evaluation of perianal fistula activity by means of anal ultrasound in patients with Crohn's disease*. Am J Gastroenterol, 2006. **101**(7): p. 1551-8.
- [9] Dekker, E., et al., *Narrow-band imaging compared with conventional colonoscopy for the detection of dysplasia in patients with longstanding ulcerative colitis*. Endoscopy, 2007. **39**(3): p. 216-21.
- [10] Esteban, J.M., et al., *Activity of Crohn's disease assessed by colour Doppler ultrasound analysis of the affected loops*. Eur Radiol, 2001. **11**(8): p. 1423-8.
- [11] Felt-Bersma, RJF. *Endoanal ultrasound in perianal fistulas and abscesses*. Digestive and Liver Disease, 2006. **38**(8): p. 537-543.
- [12] Feuerbach, S. *Handbuch diagnostische Radiologie: Gastrointestinales System*. Springer, 2007: p. 195.
- [13] Fraquelli, M., et al., *Role of US in Detection of Crohn Disease: Meta-Analysis*. Radiology, 2005. **236**: p. 95-101.

- [14] Gölder, S., et al., *Comparison of capsule endoscopy and magnetic resonance (MR) enteroclysis in suspected small bowel disease*. Int J Colorectal Dis, 2006. **21**: p. 97-104.
- [15] Gourtsoyiannis, N.C., et al., *Imaging of small intestinal Crohn's disease: comparison between MR enteroclysis and conventional enteroclysis*. Eur Radiol, 2006. **16**(9): p. 1915-25.
- [16] Greten, H., et al., *Innere Medizin: Verstehen – Lernen – Anwenden*. Georg Thieme Verlag, 2002, 11. Auflage.
- [17] Hara, A., et al., *Imaging of Small Bowel Disease: Comparison of Capsule Endoscopy, Standard Endoscopy, Barium Examination, and CT*. RadioGraphics, 2005. **25**: p. 697-718.
- [18] Herrler, J., *Diagnostik und Evaluation der Entzündungsschwere chronisch entzündlicher Darmerkrankungen durch Magnetresonanztomographie*. Dissertation der Charité, Humboldt-Universität zu Berlin, 2004.
- [19] Hoffmann, J.C., et al., *Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of Crohn's disease*. Z Gastroenterol, 2008. **46**(9): p. 1094-1146.
- [20] Hoffmann, J.C., et al., *Diagnostik und Therapie der Colitis Ulcerosa: Ergebnisse einer evidenzbasierten Konsensuskonferenz der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselerkrankungen zusammen mit dem Kompetenznetz chronisch entzündliche Darmerkrankungen*. Z Gastroenterol, 2004. **42**: p. 979-983.
- [21] Holt, S. and E. Samuel, *Grey scale ultrasound in Crohn's disease*. Gut, 1979. **20**(7): p. 590-5.
- [22] Horsthuis, K., et al., *Detection of inflammatory bowel disease: diagnostic performance of cross-sectional imaging modalities*. Abdom Imaging, 2007. **33**(4): p. 407-16.
- [23] Huprich, J., et al., *Crohn's Disease: Appropriateness Criteria*. American College of Radiology, 2005. P. 1-11.
- [24] Hurlstone, DP., et al., *Confocal chromoscopic endomicroscopy is superior to chromoscopy alone for the detection and characterisation of intraepithelial neoplasia in chronic ulcerative colitis*. Gut, 2008. **57**(2): p. 196-204.
- [25] Jaffe, TA., et al., *Radiation doses from small-bowel follow-through and abdominopelvic MDCT in Crohn's disease*. AJR Am J Roentgenol, 2007. **189**(5): p. 1015-22.
- [26] Jantchou, P., et al., *Environmental risk factors in Crohn's disease and ulcerative colitis (excluding tobacco and appendectomy)*. Gastroenterol Clin Biol, 2006. **30**(6-7): p. 859-67.
- [27] Jung, M., et al., *Chromoendoskopie vs. Zoomendoskopie*. Dtsch Med Wochenschr, 2004. **129**: p. 122-125.

- [28] Knebel, U., et al., *Colitis Ulcerosa: Klinische Diagnostik*. Z Gastroenterol, 2004. **42**: p. 988-993.
- [29] Kohli, A., *MDCT enteroclysis new kid on the bloc*. Indian J Radiol Imaging, 2006. **16**: p. 431-2.
- [30] Lakatos, P., *Recent trends in the epidemiology of inflammatory bowel diseases: Up or down?* World J Gastroenterol, 2006. **12**(38): p. 6102-6108.
- [31] Lüning, TH., et al., *Colonoscopic perforations: a review of 30,366 patients*. Surg Endosc, 2007. **21**(6): p. 994-7.
- [32] Lutgens, MW., et al., *High Frequency of Early Colorectal Cancer in Inflammatory Bowel Disease*. Gut, 2008.
- [33] Maataoui, A., et al., *Comparison of analog and digital fluoroscopy devices regarding patient radiation exposure in enteroclysis*. Rofo, 2008. **180**(3): p. 246-51.
- [34] Maccioni, F., et al., *Evaluation of Crohn disease activity with magnetic resonance imaging*. Abdom Imaging, 2000. **25**(3): p. 219-28.
- [35] MacKalski, BA., et al., *New diagnostic imaging tools for inflammatory bowel disease*. Gut, 2006. **55**: 733-741.
- [36] Maconi, G., et al., *Bowel ultrasound in Crohn's disease*. Best Pract Res Clin Gastroenterol, 2006. **20**(1): p. 93-112.
- [37] Maconi, G., et al., *Hydrogen peroxide enhanced ultrasound- fistulography in the assessment of enterocutaneous fistulas complicating Crohn's disease*. Gut, 1999. **45**(6): p. 874-8.
- [38] Maconi, G., et al., *Transperineal ultrasound in the detection of perianal and rectovaginal fistulae in Crohn's disease*. Am J Gastroenterol, 2007. **102**(10): p. 2214-9.
- [39] Madsen, SM., et al. *Evaluation of treatment response in active Crohn's disease by low-field magnetic resonance imaging*. Abdom Imaging, 1999. **24**(3): p. 232-9.
- [40] Madureira, A. *The Comb Sign*. Radiology, 2004. **230**: p. 783-784.
- [41] Martinez, M.J., et al., *Assessment of the extension and the inflammatory activity in Crohn's disease: comparison of ultrasound and MRI*. Abdom Imaging, 2008.
- [42] Miao, Y.M., et al., *Ultrasound and magnetic resonance imaging assessment of active bowel segments in Crohn's disease*. Clin Radiol, 2002. **57**(10): p. 913-8.
- [43] Neu, B., et al., *Neues aus der Gastroenterologie*. Bayerisches Ärzteblatt, 2008. **3**: p. 136-140.
- [44] Papi, C., et al., *Evolution of clinical behaviour in Crohn's disease: predictive factors of penetrating complications*. Digestive and Liver Disease, 2005. **37**: p. 247-253.

- [45] Parente, F., et al., *Imaging inflammatory bowel disease using bowel ultrasound*. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2005. **17**(3): p. 283-91.
- [46] Parente, F., et al., *Oral contrast enhanced bowel ultrasonography in the assessment of small intestine Crohn's disease. A prospective comparison with conventional ultrasound, x ray studies, and ileocolonoscopy*. Gut, 2004. **53**(11): p. 1652-7.
- [47] Pascu, M., et al., *Clinical relevance of transabdominal ultrasonography and magnetic resonance imaging in patients with inflammatory bowel disease of the terminal ileum and large bowel*. Inflamm Bowel Dis, 2004. **10**(4): p. 373-82.
- [48] Pauls, S., et al., *Evaluating bowel wall vascularity in Crohn's disease: a comparison of dynamic MRI and wideband harmonic imaging contrast-enhanced low MI ultrasound*. Eur Radiol, 2006. **16**(11): p. 2410-7.
- [49] Paulsen, S., et al., *CT Enterography as a Diagnostic Tool in Evaluating Small Bowel Disorders: Review of Clinical Experience with over 700 Cases*. RadioGraphics, 2006. **26**: p. 641-662.
- [50] Potthast, S., et al., *Ultrasound and magnetic resonance imaging in Crohn's disease: a comparison*. Eur Radiol, 2002. **12**(6): p. 1416-22.
- [51] *Promotionsordnung der Medizinische Fakultät und der Naturwissenschaftlichen Fakultät III – Biologie und Vorklinische Medizin (Medizinische Fächer) vom 12. Juni 2008*. Universität Regensburg.
- [52] Rieber, A., et al., *Diagnostic imaging in Crohn's disease: comparison of magnetic resonance imaging and conventional imaging methods*. Int J Colorectal Dis, 2000. **15**(3): p. 176-81.
- [53] Saibeni, S., et al., *Imaging of the small bowel in Crohn's disease: A review of old and new techniques*. World J Gastroenterol, 2007. **13**(24): p. 3279-3287.
- [54] Satsangi, J., et al., *The Montreal classification of inflammatory bowel disease: controversies, consensus, and implications*. Gut, 2006. **55**: p. 749-753.
- [55] Schäffler, A., et al., *Creeping fat in Crohn's disease: travelling in a creeper lane of research?* Gut, 2005. **54**(6): p. 742-744.
- [56] Scherübl, H., et al., *Chronisch-entzündliche Darmerkrankungen. Dickdarmkarzinomrisiko und Überwachungsstrategien*. Dtsch Med Wochenschr, 2004. **129**: p. 96-98.
- [57] Schmidt, T., et al., *Comparison of conventional enteroclysis, intestinal ultrasound and MRI-enteroclysis for determining changes in the small intestine and complications in patients with Crohn's disease*. Z Gastroenterol, 2003. **41**(7): p. 641-8.
- [58] Schölmerich, J., *Was ist neu 2006? Chronisch entzündliche Darmerkrankungen*. MedReview, 2006. **10**: p. 2-4.

- [59] Schreiber, S., et al., *Klinische Diagnostik und Klassifikation des M. Crohn – Ergebnisse einer evidenzbasierten Konsensuskonferenz der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten*. Z Gastroenterol, 2003. **41**: 21-23.
- [60] Schreyer, AG., et al., *Abdominal MRI after enteroclysis or with oral contrast in patients with suspected or proven Crohn's disease*. Clin Gastroenterol Hepatol, 2004. **2**(6): p. 491-7.
- [61] Schreyer, AG., et al., *Comparison of magnetic resonance imaging colonography with conventional colonoscopy for the assessment of intestinal inflammation in patients with inflammatory bowel disease: a feasibility study*. Gut, 2005. **54**(2): p. 250-6.
- [62] Schunk, K., et al., *Hydro-MRI in Crohn's disease: appraisal of disease activity*. Invest Radiol, 2000. **35**(7): p. 431-7.
- [63] Sidhu, R., et al., *Push enteroscopy in the era of capsule endoscopy*. J Clin Gastroenterol, 2008. **42**(1): p. 54-9.
- [64] Sipponen, T., et al., *Crohn's Disease Activity Assessed by Fecal Calprotectin and Lactoferrin: Correlation with Crohn's Disease Activity Index and Endoscopic Findings*. Inflamm Bowel Dis, 2008. **14**(1): p. 40-46.
- [65] Sjekavica, I., et al., *Assessment of Crohn's disease activity by doppler ultrasound of superior mesenteric artery and mural arteries in thickened bowel wall: cross-sectional study*. Croat Med J, 2007. **48**(6): p. 822-30.
- [66] Sloots, C.E., et al., *Assessment and classification of fistula-in-ano in patients with Crohn's disease by hydrogen peroxide enhanced transanal ultrasound*. Int J Colorectal Dis, 2001. **16**(5): p. 292-7.
- [67] Sostegni, R., et al., *Review article: Crohn's disease: monitoring disease activity*. Aliment Pharmacol Ther, 2003. **17**(2): p. 11-17.
- [68] Spehlmann, ME., et al., *Epidemiology of inflammatory bowel disease in a German twin cohort: results of a nationwide study*. Inflamm Bowel Dis, 2008. **14**(7): p. 968-76.
- [69] Stange, E.F., et al., *Diagnostik und Therapie des M. Crohn – Ergebnisse einer evidenzbasierten Konsensuskonferenz der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten*. Z Gastroenterol, 2003. **41**: p. 19-20.
- [70] Stange, E.F., et al., *European evidence based consensus on the diagnosis and management of Crohn's disease: definitions and diagnosis*. Gut, 2006. **55**: p. 1-15.
- [71] Stange, E.F., et al., *European evidence-based Consensus on the diagnosis and management of ulcerative colitis: Definitions and diagnosis*. Journal of Crohn's and Colitis, 2008. **2**: p. 1-23.

- [72] Tanko, Z., *Behandlung therapierefraktärer chronisch entzündlicher Darmerkrankungen mit Tacrolimus – eine retrospektive Studie* -. Dissertation der Universität zu Lübeck, 2004.
- [73] Triester, S., et al., *A Meta-Analysis of the Yield of Capsule Endoscopy Compared to Other Diagnostic Modalities in Patients with Non-Stricturing Small Bowel Crohn's Disease*. Am J Gastroenterol, 2006. **101**: p. 954-964.
- [74] Valek, V., P. Kysela, and M. Vavrikova, *Crohn's disease at the small bowel imaging by the ultrasound-enteroclysis*. Eur J Radiol, 2007. **62**(2): p. 153-9.
- [75] Vermeire, S., et al., *Laboratory markers in IBD: useful, magic, or unnecessary toys?* Gut, 2006. **55**(3): p. 426-31.
- [76] Voderholzer, WA., et al., *Small bowel involvement in Crohn's disease: a prospective comparison of wireless capsule endoscopy and computed tomography enteroclysis*. Gut, 2005. **54**(3): p. 369-73.
- [77] Wedemeyer, J., et al., *Transcutaneous perianal ultrasound (PAUS) for the imaging of fistulas and abscesses in Crohn's disease*. Z Gastroenterol, 2004. **42**(11): p. 1315-20.
- [78] Wold, P., et al., *Assessment of Small Bowel Crohn Disease: Noninvasive Peroral CT Enterography Compared with Other Imaging Methods and Endoscopy – Feasibility Study*. Radiology, 2003. **229**(1): p. 275-281.

12 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Andreas Schreyer für die Überlassung des Themas und die intensive Betreuung.

Frau Dr. Doris Schacherer, der Leiterin des Ultraschallzentrums der Universität Regensburg, danke ich für ihre sonographische Hilfestellung, insbesondere der Beurteilung der Erfahrung sämtlicher sonographischer Untersucher.

Für die Korrekturlesung und kritischen Anmerkungen danke ich Herrn Prof. Dr. Stefan Feuerbach sowie Herrn Dr. Michael Pawlik.

Schließlich bin ich für den unentwegten Ansporn durch meine Familie dankbar. Meinem Lebenspartner Christian Binder danke ich für seine unermüdliche Geduld sowie die vielen geopfert gemeinsamen Stunden.

13 Lebenslauf

Persönliche Daten	Name	Cynthia Menzel
	Geburtsdatum	02.12.1980
	Geburtsort	Burgstädt (Sachsen)
	Nationalität	deutsch
Schulbildung	09/1987 – 07/1992	Martin-Andersen-Nexö-Schule, Hartmannsdorf
	09/1992 – 07/1997	Gymnasium Burgstädt
	09/1997 – 06/2000	Joseph-von-Fraunhofer-Gymnasium, Cham: Allgemeine Hochschulreife
Studium	10/2000 – 10/2006	Studium der Humanmedizin an der Universität Regensburg
	09/2002	Ärztliche Vorprüfung
	08/2003	1. Staatsexamen
	09/2005	2. Staatsexamen
	10/2006	3. Staatsexamen
	10/2006	Approbation als Ärztin
Praktisches Jahr	10/2005 – 12/2005	Innere Medizin (Klinik Donaustauf)
	12/2005 – 02/2006	Innere Medizin (Klinikum der Universität Regensburg)
	02/2006 – 05/2006	Chirurgie (Caritas-Krankenhaus St. Josef, Regensburg)
	05/2006 – 09/2006	Röntgendiagnostik (Klinikum der Universität Regensburg)
Berufserfahrung	11/2006 – laufend	Assistenzärztin am Institut für Röntgendiagnostik (Klinikum der Universität Regensburg)

14 Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt [51].

Ort, Datum

Unterschrift