

Aus dem Institut für Röntgendiagnostik  
der Universität Würzburg  
Abteilung Pädiatrische Radiologie  
Leiter: Professor Dr. med. K. Darge

## **SONOGRAPHISCHE DIAGNOSTIK DER APPENDIZITIS**

Vergleich der fundamentalen Bildgebung mit Harmonic Imaging  
bei histologisch gesicherter Appendizitis

Inaugural- Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von  
Birgit Hülße  
aus Bad Aibling

Würzburg, Februar 2005

Referent: Professor Dr. med. K. Darge  
Korreferent: Professor Dr. med. H.-M. Straßburg  
Dekan: Professor Dr. med. G. Ertl

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Mai 2005

Die Promovendin ist Ärztin

Für Anne Karin und Jürgen

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. PATIENTEN UND METHODEN	7
2.1. Allgemeine Vorgehensweise	7
2.2. Sonographische Untersuchung und Bilddokumentation	7
2.3. Sonographische Darstellungskriterien der Appendix und Umgebung	8
2.4. Beurteilungsbogen für die Sonographie	12
2.5. Indikation zur Operation	16
2.6. Konventionelle Appendektomie	16
2.7. Unterscheidung der einzelnen histologischen Unterformen	16
2.8. Paarauswertung	17
2.9. Verwendete statistische Tests	17
3. ERGEBNISSE	19
3.1. Patientengut	19
3.2. Vergleich von fundamentaler Methode und THI im Bereich der Appendix	20
3.3. Vergleich von fundamentaler Methode und THI in der Umgebung der Appendix	29
3.4. Perfusion- Vergleich von FKDS und Powerdoppler (in THI)	32
3.5. Differenzierung der histologischen Untergruppen	34
3.6. Paarauswertung	37
3.7. Vergleich von makroskopisch zu sonographisch gemessenem Durchmesser	40
4. DISKUSSION	41
4.1. Harmonic Imaging	41
4.2. Patientengut	43
4.3. Vergleich von fundamentaler Methode und Tissue Harmonic Imaging (THI)	43
4.4. Paarauswertung	45
4.5. Perfusion	48
4.6. Histologie	48
5. ZUSAMMENFASSUNG	50
6. ANHANG	51
7. LITERATURVERZEICHNIS	54

## 1. EINLEITUNG

Mehr als hundert Jahre nach der grundlegenden Arbeit von Reginald Fitz über die Pathogenese und chirurgische Therapie der akuten Appendizitis bleibt die Diagnose derselben schwierig. Genauso aktuell wie 1886 ist auch heute noch die Forderung von Fitz nach einer zeitgerechten und zutreffenden Therapie [3, 13].

Während die Inzidenz der Appendizitis von 1970-1984 von Addis et al. als um 14,5% sinkend beschrieben worden ist [1], wird die aktuelle Inzidenz der Appendizitis seit 1990 gleich bleibend mit ca. 100/100 000 Einwohner pro Jahr für Europa, Australien und die USA angegeben [38]. Der Altersgipfel für die akute Appendizitis findet sich unabhängig von der Größe des untersuchten Kollektivs oder der Region meist einheitlich bei einem Lebensalter zwischen 10 und 19 Jahren [1, 30, 67]. In dieser Altersgruppe liegt die Inzidenz mit 233/100 000 für die USA mehr als 100% über dem Wert der Gesamtbevölkerung. Die weitere Aufschlüsselung zeigt einen geschlechtsabhängigen Altersgipfel bei 10-14 Jahren (276/100 000) für männliche und 15-19 Jahren (205/100 000) für weibliche Patienten in den USA [1]. Die Geschlechterverteilung beträgt „männlich zu weiblich“ in etwa 1,5: 1 [1, 3]. Es liegen jedoch auch zum Teil große Multizenterstudien insbesondere aus Deutschland vor, bei denen die Geschlechterverteilung 1:1 [15] bis hin zu 1:1,5 ist [24, 31, 38].

Bei Patienten mit der Verdachtsdiagnose „akute Appendizitis“ wird, in einem nicht geringen Maß, die Qualität der Behandlung an der Rate der nichtindizierten Appendektomien (negative Appendektomierate) gemessen. So muss der behandelnde Arzt in seiner Entscheidungsfindung dazu beitragen, die Rate eben dieser Eingriffe, bei denen sich die präoperative Diagnose der akuten Appendizitis nicht bestätigt, zu senken oder niedrig zu halten [30]. Die negative Appendektomierate wird derzeit in der Literatur mit ungefähr 10-20% angegeben [1, 15, 43], auch wenn es einige Autoren gibt, die eine geringere negative Appendektomierate angeben, wie 9,4% [11] oder nur 3,7% [29], bei dann jedoch vorherrschenden Perforationsraten von 19,4% [11] bzw. 21% [29].

Jones zeigt in seiner Arbeit eine deutliche Senkung der negativen Appendektomieraten bezüglich vor der OP stattgefundenener aktiver Beobachtung der Patienten. So wird die Rate der negativen Appendektomien von 14-27% ohne Beobachtung auf 3-10% mit vorher stattgefundenener Beobachtung gesenkt, wohingegen die Perforationsrate nicht ansteigt [27].

Peña et al. konnte in einer Studie an 1338 Kindern mit Verdacht auf Appendizitis zeigen, dass die negative Appendektomie durch präoperative Diagnostik mittels Sonographie und ggf. Computertomographie von 14,7 auf 4,1% ( $p < 0,001$ ) gesenkt werden konnte [43].

Die durchschnittliche Perforationsrate wird mit ca. 5-30% beschrieben [1, 3, 31]. Eine der niedrigsten Perforationsraten von 5,9 bzw. 8,3% beschreibt Koch et al. in seiner Multizenterstudie an 7398 bzw. 6266 Patienten mit Verdacht auf Appendizitis [31]. Im Qualitätsbericht der Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung (BQS) konnte für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 anhand von 61699 Datensätzen eine Perforationsrate von 9,8% ermittelt werden [35].

Bei Kindern unter 11 Jahren findet man jedoch einen deutlichen Anstieg der Perforationsraten auf 11,5-29,7% [11, 20, 67, 69], bzw. unter 5 Jahren sogar bis auf 24,1-59,8% [1, 15, 31, 43, 67, 69]. In einer kürzlich veröffentlichten Studie mit 3393 Appendektomien bei Kindern an 30 Krankenhäusern in den USA wurde von Newmann et al. von einer mittleren Perforationsrate von 38,7% (20,4-76%) berichtet, bei einer negativen Appendektomie von 2,6% (0-17%). In der Altersgruppe der 0-4 Jährigen betrug die mittlere Perforationsrate sogar 65,8% (28,6% bis 100%) [37].

Die Anzahl der negativen Appendektomien sowie die hohen Perforationsraten insbesondere bei Kindern machen deutlich, dass, trotz gewaltiger Fortschritte der Diagnostik, nach wie vor in einigen Fällen erhebliche Schwierigkeiten bestehen, eine Appendizitis zweifelsfrei zu diagnostizieren.

Hauptsymptom der akuten Appendizitis ist der Schmerz im rechten Unterbauch. Initial kann sich ein eher diffuser Oberbauchschmerz entwickeln, der dann häufig, mit einer Latenz von 4-6 Stunden, in den rechten Unterbauch wandert. Hinzu können fakultativ unspezifische Symptome wie Übelkeit, Erbrechen, Appetitlosigkeit, Fieber, Dysurie und Diarrhoe kommen, um nur die häufigsten zu nennen [3, 4, 30]. Zu den typischen Appendizitiszeichen gehören die typischen Druckschmerzpunkte McBurney und Lanz. Der McBurney Punkt liegt am Übergang vom lateralen zum mittleren Drittel der Verbindungslinie Spina iliaca anterior superior rechts zum Bauchnabel, wohingegen sich der Lanz Punkt am Übergang vom rechten lateralen zum mittleren Drittel der Verbindungslinie beider Spinae iliacae anteriores superiores befindet. Ebenfalls gilt es bei der klinischen Untersuchung den kontralateralen Loslassschmerz (Blumberg-Zeichen) sowie das Rovsingzeichen (retrogrades Ausstreichen des Colons verursacht Schmerzen am

Zäkalpol) zu überprüfen. Bei positivem Psoas-Zeichen schmerzt das Anheben des rechten Beines gegen Widerstand im Bereich des rechten Unterbauches [23]. Als obligat wird sowohl die rektodigitale Untersuchung, wie auch die Messung der Laborparameter (insbesondere Entzündungszeichen wie Leukozyten und C-reaktives Protein, CRP) als auch die Messung der rektalen Temperatur angesehen [30]. So berichtet Blab, dass unter den erhobenen Laborparametern vor allem eine Leukozytose sowie ein Anstieg des CRP's typisch waren für eine akute Appendizitis bei Kindern, wohingegen aber durchaus Patienten mit phlegmonöser Appendizitis in der Erstuntersuchung normale Blutbefunde aufwiesen [4]. Kann eine eindeutige Indikation zur Operation bei Erstvorstellung des Patienten nicht gestellt werden, sollte das Konzept der aktiven Beobachtung zur Anwendung kommen. Der behandelnde Arzt muss den nun stationären Patienten engmaschig (d.h. alle 2-4 Stunden) überwachen und eine Veränderung des Schmerzcharakters und der Schmerzintensität registrieren [27, 30, 69]. Bei unklaren Befunden kann so die Entscheidungsfindung erleichtert und die negative Appendektomie rate signifikant gesenkt werden [27, 30]. Des Weiteren sind die Differentialdiagnosen, wie z.B. Lymphadenitis mesenterialis, Gastroenteritis, Yersinien-Infektion oder Harnwegsinfekte [69] sehr umfangreich und manchmal klinisch nicht eindeutig vom Bild der akuten Appendizitis zu verifizieren. Bei Kleinkindern können noch weitere Differentialdiagnosen wie z.B. Invagination, Lobärpneumonie, bakterielle Meningitis oder Otitis media hinzukommen, die das Stellen der treffenden Diagnose weiter erschweren können [19].

Das breite Spektrum an Symptomen, mit denen sich eine Appendizitis repräsentieren kann, einerseits und die Vielzahl der möglichen Differentialdiagnosen andererseits, stellt die Appendizitis manchmal für den untersuchenden Arzt eine besondere diagnostische Herausforderung dar. So findet sich das typische Bild einer akuten Appendizitis bei Kindern nur in zwei Dritteln der Fälle [4, 20, 64].

Deshalb wird versucht, die klinische Diagnose durch das Einführen von Score-Systemen sowie durch weiterführende Diagnostik wie Ultraschall (US), Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT), wie auch durch die diagnostische Laparoskopie zu festigen und zu bestätigen.

Zur Unterstützung der Diagnosefindung bei der akuten Appendizitis wurden einige Score-Systeme entwickelt [39]. Zielke kommt jedoch zu dem Schluss, dass Scores in

einzelnen Aspekten sehr hilfreich sein können, beispielsweise bei der Frage des Ausschlusses einer akuten Appendizitis, aber vereinfachend gesagt um so hilfreicher sind, je weniger klinische Erfahrung beim Anwender bzw. Untersucher vorliegt [70]. Appendizitis-Scores können daher nur als Entscheidungshilfe und bei geeigneter Einbindung in den Untersuchungsablauf zur Unterstützung der Diagnosestellung empfohlen werden [39].

Anders als in den USA [64] wird das CT in der Diagnostik der akuten Appendizitis bei Kindern in Europa weniger eingesetzt. So sind eine erhöhte Sensitivität und Spezifität gegen vermehrte Kosten und eine zusätzliche Strahlenbelastung abzuwägen [63]. Da die Untersuchung mit hohen Kosten, einem teilweise erheblichen Organisationsaufwand und einer deutlich erhöhten Strahlenbelastung verbunden ist, scheint sie insbesondere bei Kindern als Routineuntersuchung schwer vertretbar zu sein [19, 20, 30, 70]. Für ein fokussiertes Multislice-CT der Nieren, das von Scanlänge und Untersuchungstechnik vergleichbar mit dem der Appendixregion erscheint, empfiehlt Puig et al. folgende Referenzwerte für den CT-Dosisindex: 2 bzw. 4 mGy für Neugeborene bzw. Kleinkinder. Für Schulkinder und Jugendliche gibt er Werte von 5 bzw. 8 mGy an [45]. Bei der Untersuchung des Unterbauches ist aber nicht zu vernachlässigen, dass die Gonaden insbesondere die Ovarien in das direkte Strahlenfeld geraten.

Die Sonographie des Abdomens hat einen hohen Stellenwert in der Appendizitis-Diagnostik und wird von vielen Autoren als Methode der ersten Wahl empfohlen [10, 18, 30, 43, 47, 58, 69]; sowohl deren Nachweis, als auch zur Stellung bestimmter Differentialdiagnosen. Erleichternd kommt hinzu, dass bei Kindern zumeist bessere physikalische Bedingungen vorliegen. Insbesondere kleinere Distanzen ermöglichen den Einsatz von hochfrequenten, und somit hochauflösenden Schallsonden. Zudem haben sie meist weniger Fettgewebe und relativ weniger störende Luft [18].

Franke et al. zeigt in einer großen Multizenterstudie an 11 chirurgischen Abteilungen mit 2280 Patienten mit akuten unklaren Bauchschmerzen eine relativ große Schwankungsbreite der folgenden Parameter [14]. So konnte für die Sonographie eine mittlere Sensitivität von 55% (13-90%) und eine mittlere Spezifität von 95% (82-100%) ermittelt werden, bei einer Gesamtgenauigkeit von 85% (67-91%). Der mittlere positive bzw. negative Vorhersagewert betrug 81% (50-100%) bzw. 85% (68-96%). Die weite Spanne der Werte lässt erkennen, so Franke et al., dass die Ergebnisse unter anderem sehr von der Erfahrung und der Routine



der untersuchenden Ärzte bezüglich des Ultraschalls der Appendix abhängt. Abschließend kommt er zu dem Schluss, dass derzeit kein bewiesener klinischer Nutzen (keine signifikante Reduktion der negativen Appendektomie rate sowie der Perforationsrate) bei der Ultraschalluntersuchung der Appendix im klinischen Routineultraschall vorhanden ist [14].

Es liegen jedoch auch viele Studien, gerade mit pädiatrischen bzw. kinderchirurgischen Kollektiven vor, bei denen sich die Sonographie in der Appendizitisdiagnostik durch eine hohe Sensitivität bzw. Spezifität auszeichnet. Dilley et al. trägt anhand einer Übersichtstabelle verschiedene Studien zur Sonographie bei Kindern mit Verdacht auf Appendizitis zusammen. Die Sensitivität bzw. Spezifität beträgt hier jeweils 89-100%. Der positive bzw. negative Vorhersagewert liegt bei 85-100% bzw. 80-96% [10]. Mit Hilfe der Sonographie konnten auch in diversen Studien die negative Appendektomie rate sowie die Perforationsrate zumeist signifikant gesenkt werden [10, 20, 43, 44].

Die Sonographie der Appendizitis bzw. der Appendix befindet sich weiter in der Entwicklung. Puylaert et al. konnte erstmals 1986 bei 25 von 28 (89%) Patienten mit operativ histologisch nachgewiesener Appendizitis präoperativ die entzündete Appendix in der Sonographie darstellen. Sichtbarkeit bzw. Darstellbarkeit war als einziges Kriterium ausreichend, um die Diagnose „akute Appendizitis“ zu stellen. Im Rahmen dieser Studie hat er hierbei erstmals die später viel zitierte und oft empfohlene Methode der „dosierten Kompression“ beschrieben und geprägt [46].

So war noch bis vor 10-15 Jahren die Darstellbarkeit der Appendix gleich zu setzen mit dem akuten Verdacht auf Appendizitis. Puylaert konnte bei 23 Patienten ohne Appendizitis keine der Appendixes darstellen [46]. Mit zunehmender Verbesserung der Gerätetechnik, bzw. dem Einsatz hochauflösender Schallkopfsonden (7,5-15MHz), wird es mehr und mehr möglich, auch die nicht entzündete Appendix bei gesunden Vergleichskollektiven darzustellen [34]. Simonovsky ist es möglich, bei 45,5% (187/411) eines gesunden Kollektivs den Wurmfortsatz sonographisch darzustellen [61], Hahn et al. berichtet von 62% (28/45) [19], Rettenbacher et al. von 63% (189/300) [49] und Rioux sogar von 82% (102/125) [52].

Obwohl der Stellenwert der Sonographie in der präoperativen Diagnostik der Appendizitis in den letzten Jahren mehr und mehr zunimmt, ist gleichzeitig auf Grund der immer noch in der Literatur beschriebenen mangelnden Darstellbarkeit der normalen

Appendix mittels Sonographie, deren Akzeptanz bei negativen Ultraschallbefunden nicht sehr hoch [20].

Umso verständlicher ist das Streben nach zuverlässigen sonographischen Kriterien zur Differenzierung der normalen von der entzündlich veränderten Appendix [20, 50, 61]. Mit verbesserter Hard- und Software und der Einführung des Harmonic Imaging ist es möglich geworden, den Wert der konventionellen Sonographie noch einmal deutlich zu steigern [20].

Alle vorliegenden Studien gehen jedoch bei der Diagnostik der akuten Appendizitis von der Verwendung der konventionellen (=fundamentalen) Sonographie aus, Harmonic Imaging findet bis dato keine Beachtung in der aktuellen Literatur zur Appendizitisdiagnostik. Bei der routinemäßigen Anwendung von Ultraschall in der Appendizitisdiagnostik ist eine Steigerung der Bildgüte, von großem Nutzen und sehr wünschenswert. Im Rahmen dieser prospektiven Studie soll nun bei Kindern mit Verdacht auf akute Appendizitis ein Bildvergleich von fundamentaler Bildgebung und Harmonic Imaging bei histologisch gesicherter Appendizitis durchgeführt werden. Ziel war es herauszufinden, ob mittels Harmonic Imaging gegenüber dem fundamentalen Modus eine verbesserte Darstellbarkeit der Appendix erzielt werden kann. Ebenfalls sollten mögliche sonographische Unterscheidungsmöglichkeiten hinsichtlich der histopathologischen Unterformen verifiziert werden.

## **2. PATIENTEN UND METHODEN**

### **2.1. Allgemeine Vorgehensweise**

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Klinikums Nürnberg Süd (KNS) bei insgesamt 50 Kindern im Alter von 2-17 Jahren eine Sonographie des Abdomens durchgeführt. Alle Patienten wurden hierzu aus der Abteilung für Kinderchirurgie des KNS unter der klinischen Verdachtsdiagnose einer akuten Appendizitis zugewiesen.

In die prospektive Studie eingeschlossen wurden alle Patienten, bei denen präoperativ eine Sonographie des Abdomens angefertigt wurde und die nachfolgend mit der Diagnose „Verdacht auf Appendizitis“ der operativen Therapie zugeführt wurden, unabhängig von der sonographischen Diagnose.

Die Sonographien erfolgten, sowohl in fundamentaler Bildgebung als auch im Harmonic Imaging Modus, durch einen erfahrenen Kinderradiologen (O.R.), die interindividuelle Untersuchervariabilität wurde somit ausgeschlossen.

Um eine standardisierte Auswertung und eine eindeutige Reproduzierbarkeit der sonographischen Einzelbefunde zu gewährleisten, entwickelten wir einen standardisierten Beurteilungsbogen (siehe Anhang). Ausgewertet wurden die Ultraschallbilder im Konsens von zwei erfahrenen Kinderradiologen. Die daraus resultierenden Daten wurden miteinander sowie mit dem Histologiebefund verglichen und das Gesamtmaterial statistisch ausgewertet.

### **2.2. Sonographische Untersuchung und Bilddokumentation**

Sämtliche Sonographien wurden mit einem 7,5 MHz-Linear-Schallkopf durchgeführt (SONOLINE Elegra, Siemens Medical Systems, Issaquah, USA). Die Untersuchung erfolgte jeweils alternierend in fundamentaler Technik (F) und Tissue Harmonic Imaging (THI). Das Umschalten von einem auf den jeweils anderen Modus war problemlos in einem Bruchteil einer Sekunde durch Knopfdruck möglich. Zusätzlich wurde eine Farbkodierte Dopplersonographie (FKDS) und eine Powerdopplersonographie (PD) durchgeführt. Die Geräteeinstellungen für die verschiedenen Modalitäten sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Geräteeinstellung in den unterschiedlichen Modalitäten: Fundamentaler Modus (F), Tissue Harmonic Imaging (THI), Farbkodierte Dopplersonographie (FKDS) und Powerdoppler (PD)**

Parameter	F	THI	FKDS/ PD
Schallkopf /Mittelfrequenz	7.5L40	7.5L40	7.5L40
Basis- Frequenz	7.2-8.0 MHz	3.4-4.0 MHz	3.4-4.0MHz
Sendeleistung	63%/100%	63%	63%/ 100%
Zeilendichte	0-5	0-5	0-7
Mechanical Index (MI)	0.4-0.6	0.8-1.7	--
Bildaufbaurrate (Bilder/Sekunde)	26-95	11-43	5-12
Gesamtverstärkung	4-56dB	10-60dB	36-50dB
Pulsrepetitionsfrequenz	--	--	551-1102Hz
Farbdoppler/Power-dopplerverstärkung	--	--	64-74dB
Filter	--	--	niedrig
Flusseinstellung	--	--	niedrig

Die Dokumentation erfolgte auf Laserfilmen (Scopix, Agfa, Deutschland: 35x43cm) sowie mittels Speicherung der Bilder auf Magneto Optical Disk (MOD).

In der fundamentalen Bildgebung und auch im THI Modus wurde die Appendix im Längs- und Querschnitt dargestellt sowie der Organdurchmesser an Basis, Mitte und Spitze in beiden Verfahren im Längsschnitt gemessen. Pathologische Strukturen, so vorhanden, wurden in beiden Verfahren dokumentiert. Zusätzlich erfolgte im Organlängsschnitt die Darstellung der Perfusion durch Farbkodierte Dopplersonographie (FKDS) und Powerdoppler (PD).

Das gesamte Abdomen wie auch das innere Genitale bei Mädchen wurde im Rahmen der Sonographie orientierend mit untersucht, und so vorhanden, pathologische Befunde im fundamentalen und Harmonic Imaging Modus dokumentiert.

## **2.3. Sonographische Darstellungskriterien der Appendix und Umgebung**

### 2.3.1. Normale Anatomie

Die Appendix erscheint im Längsschnitt als blind endende, tubuläre Struktur, im Querschnitt hingegen als typische ovale Kokarde ohne Peristaltik [19, 20, 52, 55, 62]. Die Wandstruktur lässt sich von innen nach außen in ein hyperechogen imponierendes Echo (Oberfläche der Mukosa bzw. Schleimhaut als Grenzfläche zum Lumen), eine

hypoechoogene Mukosa und eine mittlere hyperechogene Submukosa gliedern. Weiter folgt eine äußere echoarme Schicht (Tunica muscularis propria) und zuletzt die äußere echodichte Schicht, die Oberfläche der Serosa [55]. Die normale Appendix ist glatt, scharf und regelmäßig gegen die Umgebung abzugrenzen. Der Organdurchmesser ist kleiner als 6 mm in der sonographischen Bildgebung [19, 20, 26, 52, 55, 62], wobei hier der Abstand zwischen den äußeren Grenzen der hypoechoenen Tunicae muskulares (äußerer Muskelüberzug) gemessen wird [50, 51]. In einigen Studien wird statt des Organdurchmessers die Maximale Wanddicke gemessen. Es gelten dabei Werte von über 3 mm als pathologisch, und zwar, so Simonovsky, auch in der Altersgruppe der 1-6 Jährigen [61]. Bei Druckausübung mittels Schallkopf ist die nicht entzündete Appendix komprimierbar [52].

Abbildung 1 zeigt die sonographische Darstellung einer unauffälligen Appendix (1a), eine schematische Veranschaulichung des Befundes (1b) und ein Operationspräparat einer histologisch unauffälligen Appendix (1c).

### 2.3.2. Hinweise auf eine akute Entzündungsreaktion

Die Wandstruktur der akut entzündeten Appendix erscheint zunehmend aufgelockert bis völlig zerstört, das Schleimhautecho verschwindet zusehends [20, 62]. Ein sehr spezifisches Zeichen für die Appendizitis ist der vergrößerte Durchmesser auf über 6 mm [12, 19, 20, 26, 33, 52, 62, 64]. Da, wie Rettenbacher et al. feststellt, die ovale Form der Appendix bei akuter Entzündung zumindest streckenweise in eine runde übergeht [50], soll im Folgenden „Organdurchmesser“ gleichbedeutend mit dem in dieser Studie gemessenen a.-p.-Durchmesser verwendet werden. Die Außenkontur wird unschärfer und lässt sich gegen die Umgebung nur schwer bis gar nicht abgrenzen. Bei lokalisierbarem Druckschmerz über der kokardenartigen Struktur lässt sich die Appendix nicht komprimieren [19, 20, 33, 62, 64]. Die Umgebung zeigt sich oftmals hyperechogen [19, 20, 52, 62, 64]. In einigen Fällen ist ein zentral echoreicher Appendikolith oder Koproolith mit dorsalem Schallschatten darstellbar [12, 19, 20, 62, 64]. Des Weiteren kann sich bei einer Entzündungsreaktion ein vermehrtes Farbsignal, im Sinne einer vermehrten Durchblutung im FKDS und PD, finden [19, 20, 33]. Optional können ein lokal paralytischer Ileus [19, 20], ein wandverdickter Ileozäkalbereich sowie freie Flüssigkeit perizäkäl oder retrovesical auftreten [19, 20, 62, 64].

Für eine Perforation sprechen ein inhomogenes Konglomerat oder die Darstellung eines Abszesses mit teilweise nicht mehr zu differenzierender Appendixstruktur [19, 20].

Abbildung 2 zeigt ein Operationspräparat einer phlegmonösen Spitzenappendizitis, während Abbildung 3 und 4 oben beschriebene Parameter, wie Kotsteine mit dorsalem Schallschatten, freie extraintestinale Luft und auch Flüssigkeit um die Appendix bei vorliegender phlegmonöser (Abb. 3) bzw. perforierter (Abb. 4) Appendizitis veranschaulichen sollen.

**Seite 11:**

**Abb. 1a:** 7 Jahre (J.), männlich (m.): sonographische Darstellung einer unauffälligen Appendix im Modus THI; Messpunkte (Werte von links nach rechts): Basis/ Mitte/ Spitze: 2,8 mm/ 3,4 mm/ 3,4 mm

**Abb. 1b:** Skizze zu links davon abgebildetem Ultraschallbild

**Abb. 1c:** 9J., weiblich (w.): Operations-(OP)Präparat: histologisch unauffällige Appendix

**Abb. 2:** 9J., m.: OP-Präparat: phlegmonöse Spitzenappendizitis

**Abb. 3:** 7J., m.: phlegmonöse Appendizitis: Kotsteine mit dorsalem Schallschatten

**Abb. 4:** 5J., w.: perforierte Appendizitis: freie extraintestinale Luft (∟) und Flüssigkeit (\*) um die Appendix

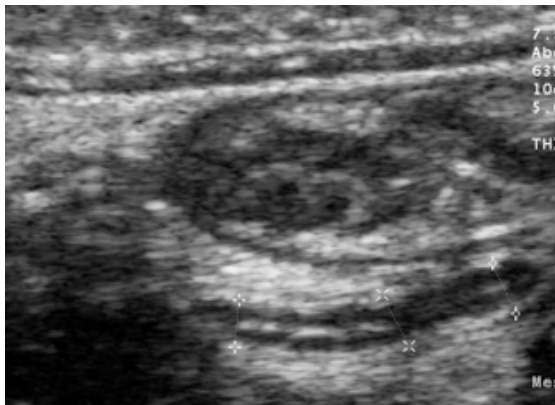


Abb. 1a

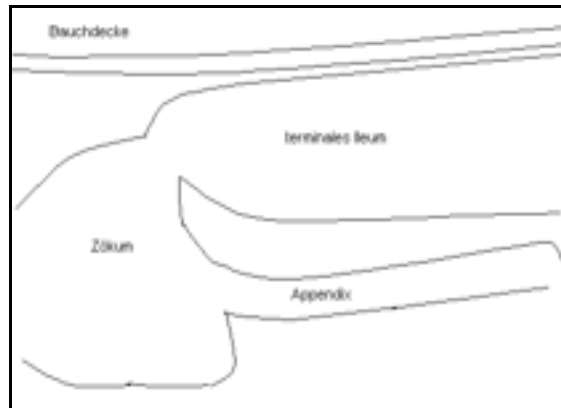


Abb. 1b



Abb. 1c



Abb. 2

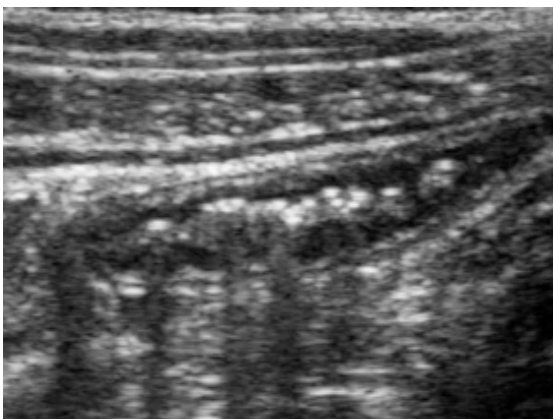


Abb. 3



Abb. 4

## 2.4. Beurteilungsbogen für die Sonographie

Zur standardisierten Auswertung und eindeutigen Reproduzierbarkeit der sonographischen Einzelbefunde wurde der im Anhang abgebildete Beurteilungsbogen entworfen. Die Bewertung der Aufnahmen wurde gemeinsam von zwei erfahrenen Kinderradiologen im Konsens durchgeführt.

Die Ergebnisse der fundamentalen Untersuchung und die des THI Verfahrens wurden in chiffrierter Form eingetragen. Die Befundung erfolgte nach unten aufgeführten Parametern, die vor Beginn der Auswertung folgendermaßen definiert wurden:

Der Organdurchmesser, bzw. der Abstand der beiden sich gegenüberliegenden Wandaußenkonturen, wurde am Organlängsschnitt an Basis, Mitte und Spitze gemessen, wie es in den Abbildungen 5 und 6 zu sehen ist.

Bezüglich der Wandschichtung wurde zunächst deren typisch erhaltene bzw. teilweise oder ganz aufgehobene Struktur beurteilt. Für den THI-Modus wurde eine quantitative Beurteilung erhoben, in wie vielen der drei Bereiche der typische Wandaufbau erhalten bzw. irregulär ist. Anschließend folgte die Qualitätsbeurteilung der Darstellbarkeit der Wandschichtung in beiden Modi von 0(= nicht darstellbar) bis 3(=sehr gut darstellbar).

Hinsichtlich der Außenkontur bzw. Abgrenzbarkeit wurde die Güte und Vollständigkeit der Abgrenzbarkeit der Organaußenkontur vom umgebenden Gewebe an Basis, Mitte und Spitze beurteilt. Nur in Harmonic Imaging folgte die quantitative Beurteilung, in wie vielen der drei Bereiche die Außenkontur scharf, glatt und regelmäßig bzw. irregulär und aufgehoben ist. Wie auch bei der Beurteilung der Wandschichtung erfolgte sodann die Qualitätsbeurteilung der Darstellbarkeit der Außenkontur von 0(=nicht darstellbar) bis 3(=sehr gut darstellbar).

Bildbeispiele zur unterschiedlichen Beschaffenheit der Wandschichtung und der Abgrenzbarkeit der Appendix zeigen Abbildungen 5-7.

Weitere Kriterien im Bereich der Appendix sind die Beurteilung des Schleimhautechos und des Lumens mit Inhalt -so vorhanden, wobei bei ersterem die Qualität der Erkennbarkeit eines zentralen Reflexbandes bewertet wurde, bei letzterem der Grad der Darstellbarkeit von Flüssigkeit, Schleim oder von Luftreflexen im Lumen mit Graduierung der Bildqualität. Bei meistens fortgeschrittener Entzündung wurde eine qualitative Beurteilung von Luft in der Wand bzw. von echogenen intramuralen Reflexen



vorgenommen. Appendikolithen, die als intraluminale Strukturen mit Grenzflächenreflex, mit oder ohne dorsalem Schallschatten, in Erscheinung treten, wurden ebenfalls nach deren Darstellbarkeit beurteilt. Ein intramuraler Lufteinschluß, wie auch ein Appendikolith sind in Abbildung 6 zu sehen. Als letztes Kriterium im Bereich der Appendix wurde die Kompressibilität, also die Darstellbarkeit des abnehmenden Durchmessers, im Längsschnitt der Appendix bei schallkopfgezieltem Druck geprüft.

In der Umgebung der Appendix wie auch an anderer Lokalisation (Douglas-, Morrison-Pouch) wurde nach Flüssigkeit gesucht und diese nach der Qualität der Darstellbarkeit beurteilt (Abbildung 8). Die umgebenden Darmschlingen wurden hinsichtlich Vorhandenseins vermehrt flüssigkeitsgefüllter, hypo- bis amobiler, sowie dilatierter Darmschlingen im Sinne einer begleitenden Darmparalyse beurteilt. Wenn vorhanden, wurden folgende umgebende Raumforderungen, bzw. pathologische Strukturen nach der Qualität der Darstellbarkeit bewertet: Entzündliches Darmschlingenkonglomerat (Abbildung 9), mesenteriale Lymphknoten (Abbildung 10), Abszess und extraintestinale Luft. Bei der Echogenität der Umgebung erfolgte die Beurteilung des umgebenden Fett- und Weichteilgewebes hinsichtlich normaler oder vermehrter Echogenität, sowie zusätzlicher Beurteilung der Bildgüte, falls vermehrte Echogenität vorhanden war. Eine deutlich vermehrte Umgebungsechogenität zeigt Abbildung 11. Als letztes Kriterium in der Umgebung der Appendix ist die Darmwandverdickung (Abbildung 12) zu nennen, die als Zunahme des einfachen Wanddurchmessers der umgebenden Darmabschnitte, insbesondere des Ileums auf über 3-4 mm, bzw. des Colons auf über 2-3 mm definiert ist [55].

Die Perfusion der Appendix wurde in der farbkodierten Dopplersonographie (FKDS) und im Powerdoppler (PD) im Harmonic Imaging Modus im Längsschnitt gemessen und mittels eines Score Systems von 1 bis 10 beurteilt (1=bis 10% geschätzte Anteile der Farbpixel am Appendixwandareal bis 10=über 90% geschätzte Anteile der Farbpixel am Appendixwandareal) (Percentage Vessel Area- PVA) [57]. Eine unauffällige Perfusion, bzw. deutliche Hyperperfusion zeigen Abbildungen 13 bzw. 14, jeweils im Modus FKDS und PD.

Abschließend wurde eine sonographische Verdachtsdiagnose gestellt.

Eine Appendizitis konnte sonographisch ausgeschlossen werden, wenn der Querdurchmesser der Appendix an allen Messpunkten kleiner 6mm war, die

Wandschichtung vollständig erhalten sowie die Außenkontur über die gesamte Länge scharf, glatt und regelmäßig gegen die Umgebung abzugrenzen war. Zusätzlich durfte sich die Umgebung der Appendix nicht pathologisch hyperechogen darstellen, auch durfte im FKDS oder PD keine Hyperperfusion vorliegen. Bei Vorliegen ein oder mehrerer vorgenannter Kriterien wurde der Verdacht auf Appendizitis gestellt.

Ergänzend wurde eine Aussage über die subjektive Diagnosesicherheit (in %) des Untersuchers gemacht. Die Diagnosesicherheit wurde dabei folgendermaßen definiert:

- <60% → gestellte Verdachtsdiagnose fraglich
- 60-80% → gestellte Verdachtsdiagnose wahrscheinlich
- >80% → gestellte Verdachtsdiagnose sehr wahrscheinlich.

Die nach erfolgter Appendektomie durchgeführte histologische Untersuchung wurde ebenfalls ausgewertet und aufgelistet. Bei besonderer Bildgüte bzw. erfolgter Photodokumentation wurde dies vermerkt.

Die erhaltenen Daten bezüglich fundamentaler Bildgebung und Tissue Harmonic Imaging wurden anschließend miteinander verglichen und statistisch ausgewertet.

**Seite 15:**

- Abb. 5:** 7J., w.: phlegmonöse Appendizitis: Messpunkte (von links: Mitte/Spitze): 8,8 mm/ 7,4 mm. Wandschichtung irregulär, Abgrenzbarkeit erhalten
- Abb. 6:** 9J., w.: perforierte Appendizitis: Appendikolith (\*) mit dorsalem Schallschatten, intramuraler Lufteinschluss (∇), Abgrenzbarkeit irregulär
- Abb. 7:** 7J., m.: Spitzenappendizitis, links des Pfeils normaler Wandaufbau mit regelrechtem Wandaufbau und guter Abgrenzbarkeit zur Umgebung, an der Spitze (rechts im Bild) unregelmäßiger Wandaufbau mit Verlust des Schleimhautechos und unscharfer Abgrenzung zur Umgebung
- Abb. 8:** 9J., w.: perforierte Appendizitis: freie subhepatische Flüssigkeit (∇)
- Abb. 9:** 15J., w.: Konglomerat von 19,4 mm x 33,1 mm Größe im rechten Unterbauch bei perforierter Appendizitis, links im Bild Appendikolith (\*) mit dorsalem Schallschatten
- Abb. 10:** 4J., m.: vergrößerter Lymphknoten (LK) auf 14,7 mm bei Lymphadenitis mesenterialis

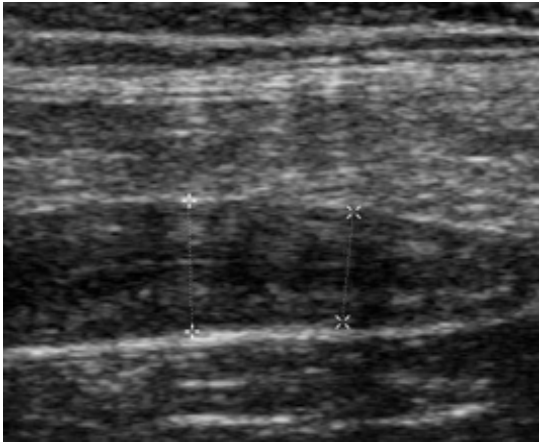


Abb. 5

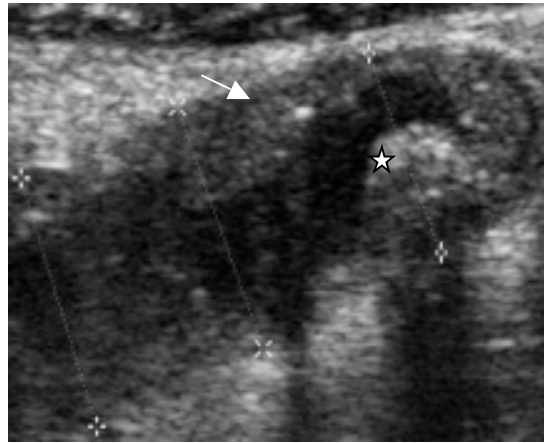


Abb. 6

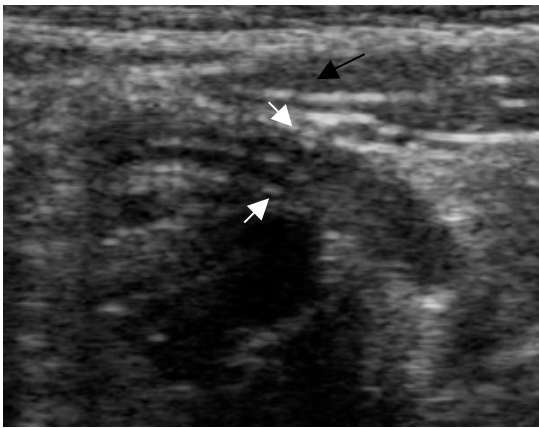


Abb. 7

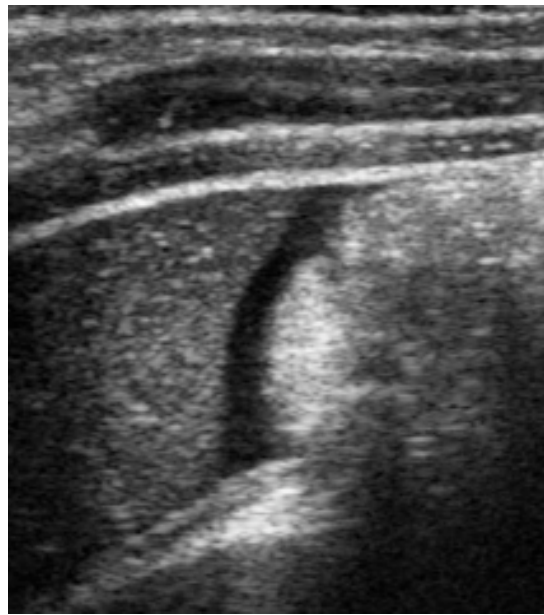


Abb. 8



Abb. 9

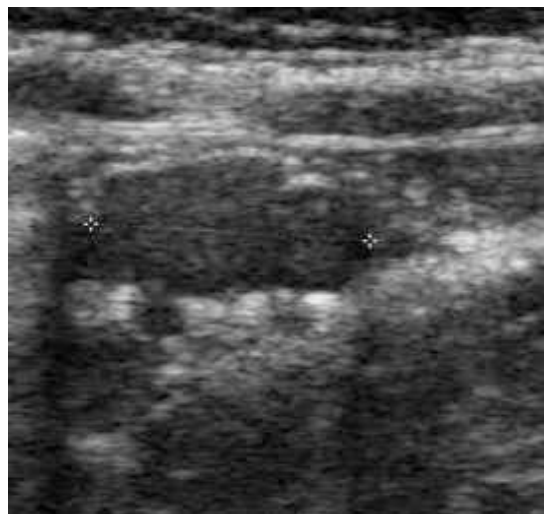


Abb. 10

## 2.5. Indikation zur Operation

Die Indikation zur Operation wurde anhand der vorherrschenden klinischen Symptomatik, unter Mitberücksichtigung der Anamnese, des sonographischen Befundes, sowie der Laborparameter, von den Kinderchirurgen gestellt.

## 2.6. Konventionelle Appendektomie

Es erfolgt der quere Unterbauchschnitt rechts unter Schonung der Rektusmuskulatur, Entnahme eines Abstriches der Bauchhöhle, Hervorluxieren des Zäkums und der Appendix vor die Bauchdecke. Ligatur des Mesenteriolums der Appendix. Quetschen der Appendix, Ligatur der Appendixbasis, Abtragen der Appendix, sowie Tabaksbeutelnaht und Z-Naht. Austupfen des Douglas-Raumes, ggf. Einlage einer Drainage, vierschichtiger Bauchdeckenverschluss [23].

## 2.7. Unterscheidung der einzelnen histologischen Unterformen

Die Appendizitis serosa zeichnet sich durch eine makroskopisch gerötete Serosa aus, mikroskopisch lassen sich ein granulozytäres Infiltrat erkennen sowie das Entstehen von Schleimhauterosionen. In einigen Fällen ist das distale Ende bereits kolbig aufgetrieben, im Sinne einer Spitzenappendizitis.

Im fortgeschrittenen, phlegmonösen Stadium kommt eine makroskopisch deutlich erkennbare diffuse Rötung, wie auch eine Verdickung der Appendixwand hinzu, die granulozytären Infiltrate breiten sich transmural aus. Zunehmend sind Schleimhautdefekte und Ulcerationen auch makroskopisch erkennbar. Häufig bilden sich Fibrinbeläge oder es findet sich entzündliches Exsudat in der Lichtung.

Bei der perforierten Appendizitis besteht eine Unterbrechung der Appendixwand im Sinne einer Nekrose, die auf Abszesse in der Mukosa folgen kann. Auf den Querschnitten sind gelbe Eiterherde in der Appendixwand zu erkennen. Auch im fortgeschrittenen Stadium findet sich die Besiedelung mit Fäulnisbakterien, die der Appendix eine schwarzrote bis graugrüne Verfärbung verleihen, es kommt zum Übergreifen auf das umliegende Gewebe mit kotig-eitriger Peritonitis. Mikroskopisch findet man zahlreiche Gewebsnekrosen in allen Wandschichten mit dichtgelagerten Granulozyten.

Die chronische Form der Appendizitis ist durch die Infiltration der Lamina propria mit Lymphozyten, Histiozyten und Plasmazellen gekennzeichnet. Hinzu können Oberflächendefekte im Oberflächen- und Kryptenepithel sowie die Proliferation von Schwann-Zellen kommen [6, 48].

Die Abbildungen 15 und 16 zeigen eine unauffällige, bzw. phlegmonös-entzündlich veränderte Appendix als histologisches Schnittpräparat.

## 2.8. Paarauswertung

Bei 37 Patienten lag zusätzlich zur Filmdokumentation eine digitale Bilddokumentation vor, so dass von diesen 37 Patienten anonymisierte Bilderpaare von vergleichbaren Bildern in fundamentaler Technik und Harmonic Imaging angefertigt werden konnten. Dabei wurde darauf geachtet, dass auf den Einzelbildern nicht erkennbar war, mit welcher Technik sie angefertigt worden waren. Die randomisierten Bilderpaare wurden von zwei erfahrenen Kinderradiologen, unabhängig voneinander beurteilt. Hierzu wurde ein Score-System von 1(schlecht)-10(sehr gut)zur Beurteilung der Bildqualität verwendet.

## 2.9. Verwendete statistische Tests

Die gesammelten Daten wurden hinsichtlich ihrer Unterschiede und bestehenden Signifikanzniveaus mittels T-Test bzw. Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben analysiert. Für die Auswertung wurden die Programme Excel aus Microsoft Office XP und SPSS (Version 11.5) für Windows NT 4.0 verwendet.

**Seite 18:**

**Abb. 11:** 12J., m.: vermehrte Umgebungsechogenität bei phlegmonöser Appendizitis

**Abb. 12:** 2J., m.: begleitende Darmwandverdickung des Ileozäkalsbereichs auf 6,7 mm (oben), bzw. 8,3 mm (unten) bei seröser Appendizitis

**Abb. 13:** 13J., w.: chronische Appendizitis: unauffällige Perfusion im Bereich der Appendix im PD (13a) und FKDS (13b) bei in der Histologie auffälliger Infiltration der Lamina propria mit Lymphozyten, Histiozyten und Plasmazellen. Zusätzlich bestanden Oberflächendefekte im Kryptenepithel.

**Abb. 14:** 9J., m.: phlegmonöse Appendizitis: ausgeprägte Hyperperfusion im PD (14a) und FKDS (14b)

**Abb. 15:** 9J., w.: histologischer Schnitt einer unauffälligen Appendix

**Abb. 16:** 12J., m.: histologischer Schnitt einer Appendix mit phlegmonöser Entzündung

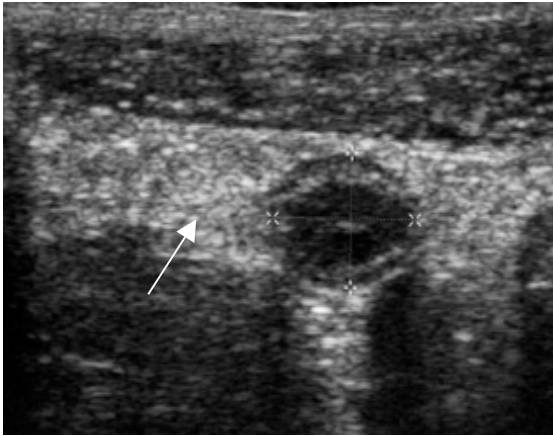


Abb. 11

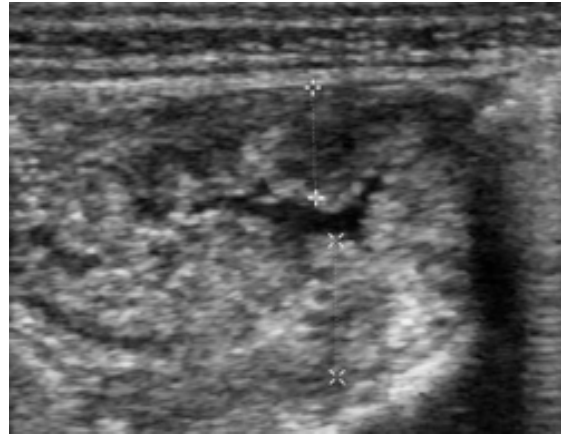


Abb. 12

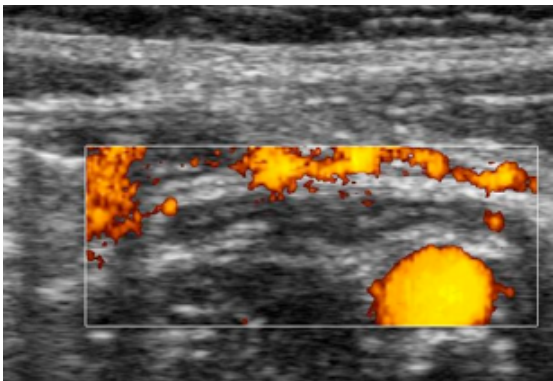


Abb. 13a

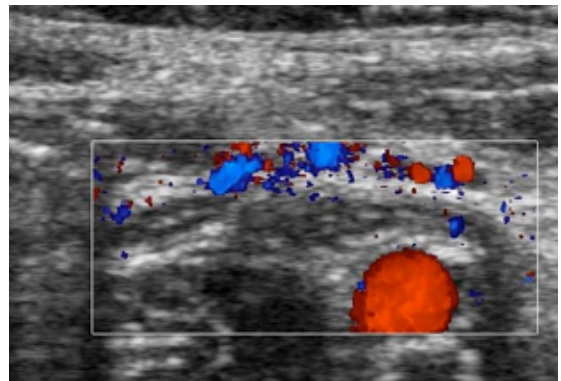


Abb. 13b

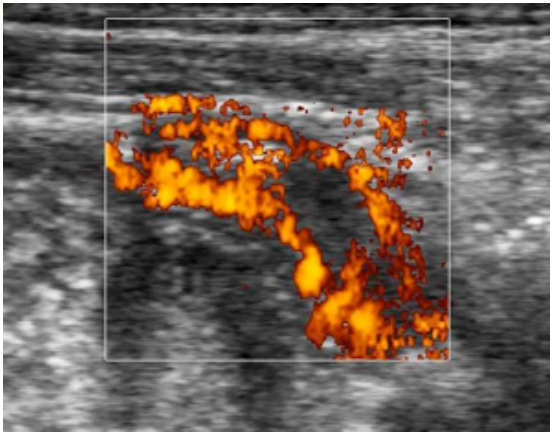


Abb. 14a

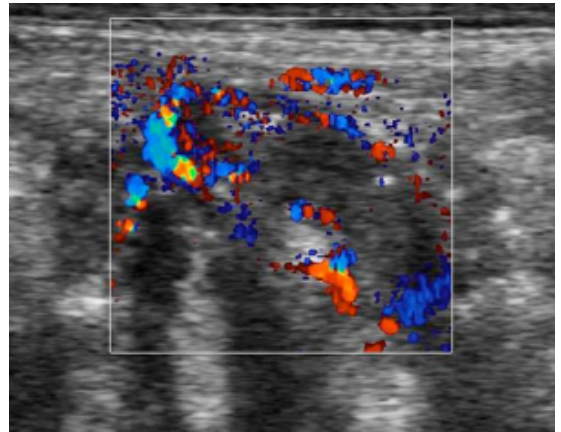


Abb. 14b

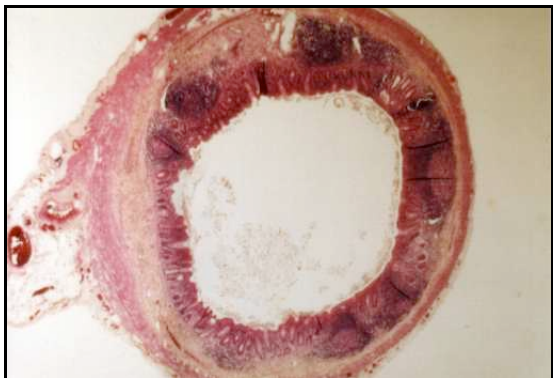


Abb. 15



Abb. 16

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Patientengut

Präoperativ erhielten 50 Kinder einen Ultraschall (US). Die Histologie ergab bei 7 von 50 einen unauffälligen Befund, die Rate der negativen Appendektomien betrug somit 14%. Die Perforationsrate lag bei 12% (6/50).

Bei 3 Patienten konnte die Appendix weder in THI noch im fundamentalen Modus dargestellt werden, bei weiteren 3 Patienten konnte die Appendix mit THI, nicht jedoch fundamental dargestellt werden. Die Rate der darstellbaren Appendizes betrug somit für THI 94% (47/50), für den fundamentalen Modus lediglich 88% (44/50).

Die genaue Auflistung der Anzahl der verwendeten Datensätze im Zusammenhang mit den US-Befunden und der Histologie ist in Abbildung 16 zu sehen.

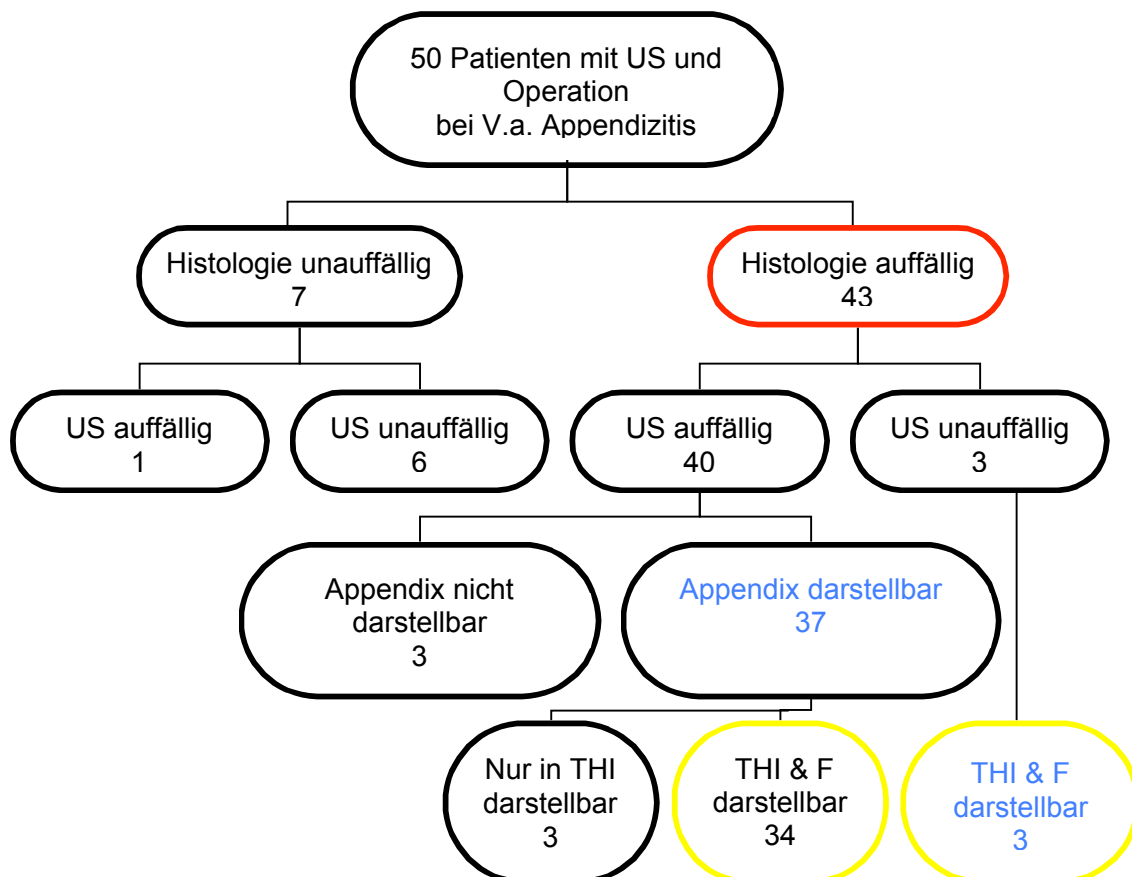


Abbildung 16: Übersicht: Histologie-, Ultraschall (US)- Befund und Darstellbarkeit

■ = Methodenvergleich bezüglich der Durchmesser

■ = Methodenvergleich bezüglich der Darstellbarkeit der Appendix

■ = Methodenvergleich in der Umgebung der Appendix

In den Methodenvergleich bezüglich der Durchmesser wurden somit 37 Patienten (gelb markiert) eingeschlossen, für den Vergleich der Parameter im Bereich der Appendix die Bilder von 40 Patienten (blau) und für den der Parameter in der Umgebung der Appendix 43 Kinder (rot) mit postoperativ auffälligem Histologiebefund.

Bei einem der 50 Patienten wurde sonographisch präoperativ eine falsch positive, bei drei eine falsch negative Diagnose gestellt. Für Sensitivität bzw. Spezifität ergeben sich also Werte von 98% bzw. 94%. Mittels Ultraschall konnte bei 6 von 7 Patienten eine richtig negative Diagnose gestellt werden.

Das Geschlechterverhältnis betrug im Gesamtkollektiv m:w=25:25, bzw. m:w=21:22 bei den Patienten mit auffälligem Histologie-Befund. Im Mittel waren die Kinder 9,9 Jahre alt (Spannbreite: 2,1-17,8 Jahre), wobei das Durchschnittsalter der Jungen mit 9,0 Jahren (2,1-14,2 Jahre) gut eineinhalb Jahre niedriger lag, als das der Mädchen (10,8 Jahre: 2,8-17,8 Jahre). Die geschlechterabhängige Altersverteilung ist in Abbildung 17 dargestellt.

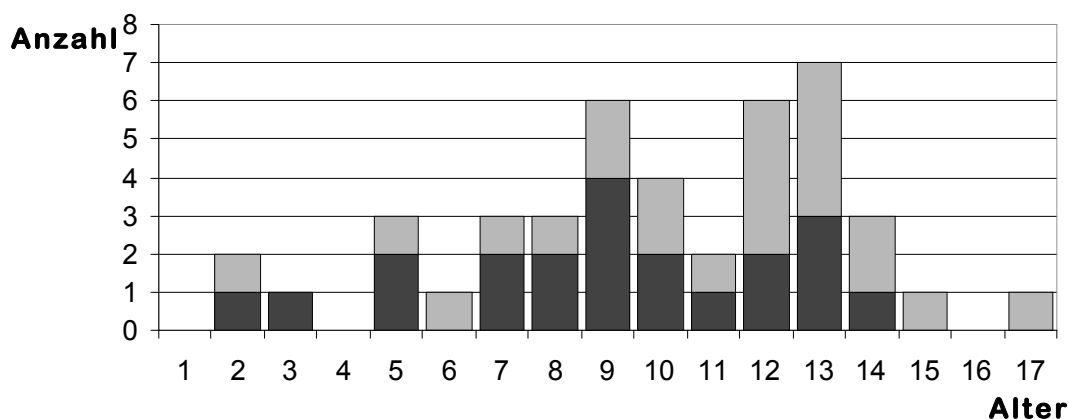


Abbildung 17: Altersverteilung: ■ männlich □ weiblich

## 3.2. Vergleich von fundamentaler Methode und THI im Bereich der Appendix

### 3.2.1. Durchmesser

Für den Vergleich von fundamentaler Methode und Harmonic Imaging bezüglich des Durchmessers der Appendix wurden die Daten von 37 Patienten verwendet. Patienten mit negativer Histologie (n=7) wurden ebenso ausgeschlossen wie Patienten, bei denen die Appendix in keiner der beiden Methoden (n=3) oder nur im Harmonic Imaging Modus



(n=3) darstellbar war. Der errechnete Mittelwert der Durchmesser betrug für die fundamentale Darstellung 6,6 mm, für THI 6,4 mm. Die genaue Aufgliederung nach Basis, Mitte und Spitze der gemessenen Durchmesser geht aus Tabelle 2a hervor.

Wie oben erwähnt waren im fundamentalen Modus 3 Appendizes nicht darstellbar, die jedoch mit THI darzustellen waren. Von den 37 fundamental darstellbaren pathologischen Appendizes waren 15(40,5%) im Querschnitt kleiner, 22(59,5%) größer als 6 mm. In THI kamen 15(37,5%) kleiner und 25(62,5%) größer als 6 mm zur Darstellung (Tabelle 2b).

**Tabelle 2: Durchmesser**

**2a: Mittelwert & Spannweite im fundamentalen Modus und THI**

in mm	Fundamental		THI	
	Mittelwert	Spannweite	Mittelwert	Spannweite
Basis	6,4	2,8 - 15,4	6,2	2,1 - 16,7
Mitte	6,5	2,5 - 17,4	6,5	2,4 - 16,5
Spitze	6,9	2,8 - 13,5	6,6	2,5 - 13,6

**2b: Anzahl der Appendizes kleiner bzw. größer 6mm Durchmesser**

	≤6 mm	>6 mm	gesamt
Fundamental	15	22	37
THI	13	24	40
THI darstellbar, fundamental nicht darstellbar	2	1	

### 3.2.2. Parameter im Bereich der Appendix

Für den Vergleich der Parameter im Bereich der Appendix wurden die Daten von 40 Kindern eingeschlossen. Nicht berücksichtigt wurden hier die Daten der sieben histologisch unauffälligen Appendizes, wie auch die der drei Patienten, bei denen die Appendix in keiner der beiden Methoden darstellbar war.

Die Darstellbarkeit des Wandaufbaus im Allgemeinen zeigt Tabelle 3. In Tabelle 3a wird das rein quantitative Merkmal der Beschaffenheit der Wandschichtung an Basis, Mitte und Spitze veranschaulicht. Bei 16 Patienten konnte in Harmonic Imaging in mindestens einem Bereich die typische Wandstruktur als glatt und regelmäßig dargestellt werden, während dies im fundamentalen Modus nur 11 mal der Fall war. Somit war fünfmal eine typische Wandschichtung vorhanden, die nur in Harmonic Imaging dargestellt werden konnte.

Die Zusammenfassung der Wandschichtung im Modus des THI (Tabelle 3b) wird in die Auswertung der einzelnen histologischen Untergruppen (Kapitel 3.5) weiter eingehen. Hier

wurde eine rein quantitative Auszählung vorgenommen. So konnte in Harmonic Imaging in 30% die typische Schichtung in der gesamten Länge der Appendix dargestellt werden.

Das Ergebnis des Qualitätsvergleichs der beiden Methoden hinsichtlich der Darstellbarkeit der Wandschichtung ist in Tabelle 3c zu sehen. 62,5% der Appendizes konnten bezüglich der Wandschichtung in Harmonic Imaging mit „sehr gut darstellbar“ bewertet werden, im fundamentalen Modus war dies nur bei einem Patienten der Fall. In vier Fällen war der fundamentale Modus dem des Harmonic Imaging gleichwertig, in einem Fall wurde der Erste als überlegen bewertet. Bei den restlichen 35 Patienten waren die Bilder in Harmonic Imaging den Fundamentalen in der Qualität der Darstellbarkeit der Wandschichtung überlegen. Der mittlere Rangwert im fundamentalen Modus beträgt 1,30, wohingegen er im THI mit 2,51 signifikant ( $p=0,0001$ ) höher lag.

**Tabelle 3: WANDSCHICHTUNG (n=40)**

**3a: Beschaffenheit der Wandschichtung an Basis, Mitte und Spitze**

	nicht darstellbar		typische Schichtung erhalten		irregulär aufgehoben	
	F	THI	F	THI	F	THI
Basis	7	2	10	16	23	22
Mitte	5	0	11	15	24	25
Spitze	6	1	9	12	25	27

**3b: Zusammenfassung für Wandschichtung im Modus des THI**

typische Schichtung vollständig erhalten	typische Schichtung in 2 Bereichen erhalten	typische Schichtung in 1 Bereich erhalten	irreguläre Schichtung in allen Bereichen
12 (30%)	3 (7,5%)	2 (5%)	23 (57,5%)

**3c: Darstellbarkeit der Wandschichtung im fundamentalen Modus und THI**

**Bewertung durch Score-Werte von 0-3. Angaben als Anzahl n (Prozent %)**

nicht darstellbar (0)		schlecht darstellbar (1)		gut darstellbar (2)		sehr gut darstellbar (3)	
F	THI	F	THI	F	THI	F	THI
4(10%)	0	21(52,5%)	4 (10%)	14 (35%)	11(27,5%)	1 (2,5%)	25(62,5%)

In Tabelle 4 werden die Beschaffenheit der Außenkontur bzw. der Abgrenzbarkeit (4a) sowie deren allgemeine Darstellbarkeit (4c) wiedergegeben. Bei der Beschreibung der Außenkontur in Tabelle 4a fällt auf, dass mit Harmonic Imaging in 24 (Spitze), bzw. 28 (Basis und Mitte) Fällen eine scharfe Außenkontur vorhanden war. Im fundamentalen

Modus ließ sich die Abgrenzbarkeit jedoch nur in 14 (Spitze) bzw. 17 (Mitte) und 16 (Basis) Fällen als scharf, glatt und regelmäßig beschreiben.

Die Zusammenfassung der Außenkontur im Modus des THI (Tabelle 4b) wird, wie die Zusammenfassung der Wandschichtung, in die Auswertung der einzelnen histologischen Untergruppen (Kapitel 3.5) ebenfalls weiter eingehen. In 52,5% der Patienten konnte die Außenkontur in allen drei Bereichen in Harmonic Imaging als scharf und regelmäßig beschrieben werden. Eine Perforation konnte nur bei einer Patientin dargestellt werden.

Bei der qualitativen Bildbetrachtung fällt auf, dass die Außenkontur bzw. deren Darstellbarkeit in Harmonic Imaging in 95% der Fälle als gut oder sehr gut darstellbar erscheint. Harmonic Imaging ist dem fundamentalen Modus in 32 Fällen überlegen, sechsmal wurden die Bilder hinsichtlich der Außenkontur als gleichwertig beurteilt und nur zweimal erschien der fundamentale Modus überlegen. Bei einem mittleren Rangwert von 2,6 in THI ist dies dem fundamentalen Modus mit 1,6 signifikant ( $p=0,0001$ ) überlegen.

**Tabelle 4: AUßENKONTUR, ABGRENZBARKEIT (n=40)**

**4a: Beschaffenheit der Außenkontur an Basis, Mitte und Spitze**

	nicht abgrenzbar		scharf, glatt, regelmäßig		unscharf, unregelmäßig		unterbrochen, Perforation	
	F	THI	F	THI	F	THI	F	THI
Basis	7	2	17	28	16	10	0	0
Mitte	4	0	16	28	19	11	1	1
Spitze	5	1	14	24	19	14	2	1

**4b: Zusammenfassung für Außenkontur im Modus des THI**

scharf, regelmäßig in allen Bereichen	scharf, regelmäßig in 2 Bereichen	scharf, regelmäßig in 1 Bereich	vollständig unscharf, unregelmäßig	unterbrochen, Perforation
21 (52,5%)	8 (20%)	2 (5%)	8 (20%)	1 (2,5%)

**4c: Darstellbarkeit der Außenkontur im fundamentalen Modus und THI**

**Bewertung durch Score-Werte von 0-3. Angaben als Anzahl n (Prozent %)**

nicht darstellbar (0)		schlecht darstellbar (1)		gut darstellbar (2)		sehr gut darstellbar (3)	
F	THI	F	THI	F	THI	F	THI
3(7,5%)	0	17(42,5%)	2 (5%)	14 (35%)	14(35%)	6 (15%)	24(60%)

Abbildung 18 zeigt Bildbeispiele jeweils in THI und im fundamentalen Modus zur Veranschaulichung der Darstellung des Wandaufbaus und der Abgrenzbarkeit bzw. deren vom Abbildungsmodus abhängige unterschiedliche Darstellungsgüte.

Seite 25:

**Abb. 18:** Darstellung im fundamentalen Modus (links) und THI (rechts)

**Abb. 18a:** 10J., w.: phlegmonöse Appendizitis: schlechte Darstellbarkeit im fundamentalen Modus und sehr gute Darstellbarkeit in THI bezüglich des Wandaufbaus der Appendix

**Abb. 18b:** 7J., m.: chronische Appendizitis: schlechte Darstellbarkeit im fundamentalen Modus und sehr gute Darstellbarkeit in THI bezüglich der Abgrenzbarkeit der Appendix

zusätzlich in beiden Modi: Flüssigkeit an der Appendixspitze (⊥)

**Abb. 18c:** 9J., w.: perforierte Appendizitis: sehr gute Darstellbarkeit von Wandaufbau und Abgrenzung im fundamentalen Modus und in THI

**Abb. 18d:** 9J., m.: phlegmonöse Appendizitis: schlechte Darstellbarkeit der Wandschichtung in F, gute Darstellbarkeit in THI. Bezüglich der Außenkontur in F gute, in THI sehr gute Darstellbarkeit.

Zusätzlich in beiden Methoden: Flüssigkeit um die Appendix (⊥)

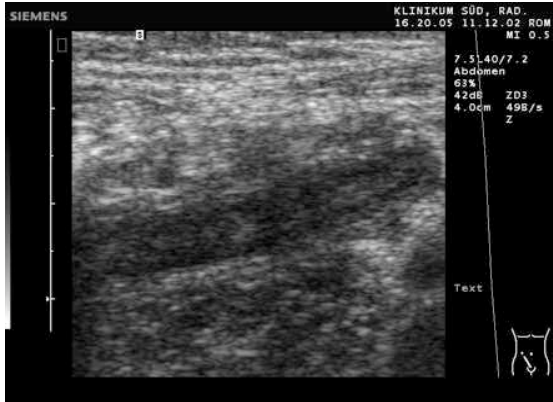
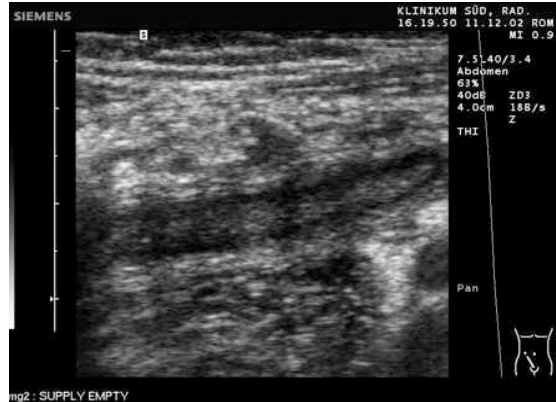


Abb. 18a



mg2: SUPPLY EMPTY

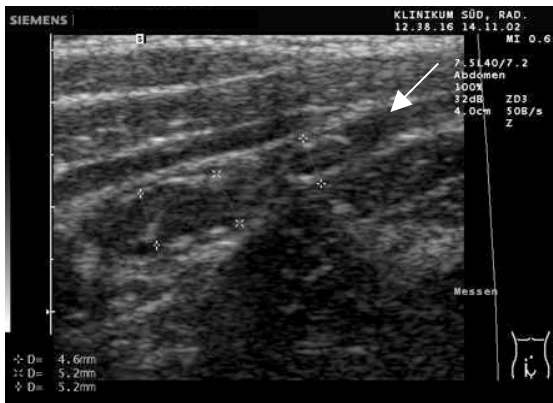


Abb. 18b

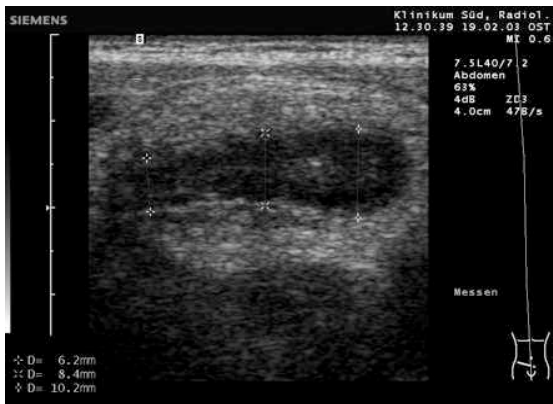
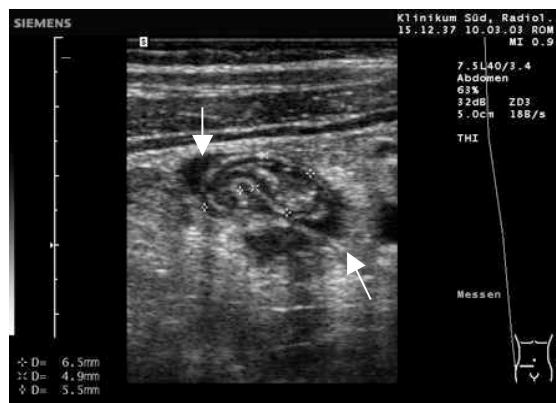


Abb 18c



Abb. 18d



Die Häufigkeit der Darstellbarkeit des Schleimhautechos, sowie von „Lumen mit Inhalt“ ist in Tabelle 5a dargestellt. Hier werden auch die Parameter „Luft in der Wand“, wie auch „Appendikolith“ veranschaulicht. So war die Detektion eines Schleimhautechos in Harmonic Imaging in 25 Fällen möglich, im fundamentalen Modus gelang dies nur in 64% (16/25) der Fälle. Appendikolithen und Luft in der Wand konnten mit beiden Methoden gleich oft gesehen werden.

Der zweite Teil der Tabelle (5b) zeigt den Score-Vergleich bei oben genannten Kriterien, wie auch deren Signifikanz-Niveau.

**Tabelle 5: THI-F Vergleich im Bereich der Appendix (n=40)**

**5a: Häufigkeit und Darstellbarkeit**

Parameter	Patientenanzahl	% - Anteil von n=40	Anzahl der Darstellbarkeit	
			THI	F
Lumen mit Inhalt	29	72,5%	29 (100%)	24 (83%)
Schleimhautecho	25	62,5%	25 (100%)	16 (64%)
Appendikolith	9	22,5%	9 (100%)	9 (100%)

**5b: Score-Vergleich und Signifikanz-Niveau**

Parameter n= 40	Score-Vergleich			mittlerer Rangwert		Signifikanz-niveau
	THI<F	THI = F	THI>F	F	THI	
Lumen mit Inhalt	1 (4%)	7 (24%)	21 (72%)	1,3	2,1	0,000
Schleimhautecho	1 (4%)	4 (16%)	20 (80%)	1,0	2,0	0,000
Appendikolith	0	1 (11%)	8 (89%)	1,9	2,9	0,007

Bei der Darstellung von Schleimhautecho, Lumen mit Inhalt, wie auch von Appendikolithen, erhält THI einen durchweg höheren mittleren Rangwert als der fundamentale Modus. In 72-100% der Fälle ist THI dem fundamentalen Modus in der Bildqualität überlegen. Lediglich je einmal wurden das Schleimhautecho und das Lumen mit Inhalt im fundamentalen Modus als besser dargestellt bewertet. Harmonic Imaging ist hier der signifikant bessere Modus. Das Signifikanzniveau des Parameters „Luft in der Wand“ ließ sich auf Grund zu geringer Fallzahl (n=2) nicht prüfen.

Die Überprüfung der Kompressibilität zeigte keinen Unterschied zwischen fundamentaler Sonographie und THI. Die drei Appendizes, die durch den fundamentalen Ultraschall nicht darzustellen waren, erwiesen sich im Modus des THI als kompressibel.

Zu den oben erwähnten Parametern im Bereich der Appendix sind Bildbeispiele in Abbildung 19 zu sehen.

Seite 28:

Abb. 19: Darstellung im fundamentalen Modus (links) und THI (rechts)

Abb. 19a: 7J., m.: seröse Appendizitis: reichlich Appendikolithen im Appendixlumen mit dorsalem Schallschatten. Appendikolithen und Lumen mit Inhalt im fundamentalen Modus als gut, in THI als sehr gut darstellbar bewertet

Abb. 19b: 9J., w.: perforierte Appendizitis: Appendikolith ( $\leftarrow$  \*) mit dorsalem Schallschatten als schlecht (F) und sehr gut (THI) darstellbar bewertet; Luft in der Wand ( $\searrow$ ) als gut (F) und sehr gut (THI) darstellbar bewertet.

Abb. 19c: 8J., w.: phlegmonöse Appendizitis: Lumen mit Inhalt und Appendikolith im fundamentalen Modus als gut, in THI als sehr gut darstellbar.

Abb. 19d: 2J., m.: chronische Appendizitis mit Flüssigkeit um die Appendix. Schleimhautecho schlecht (F) und sehr gut darstellbar (THI).

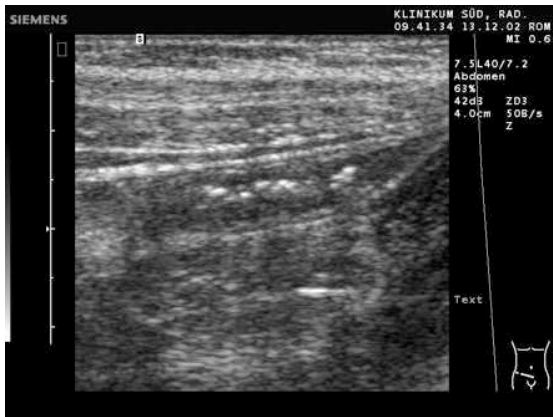


Abb. 19a

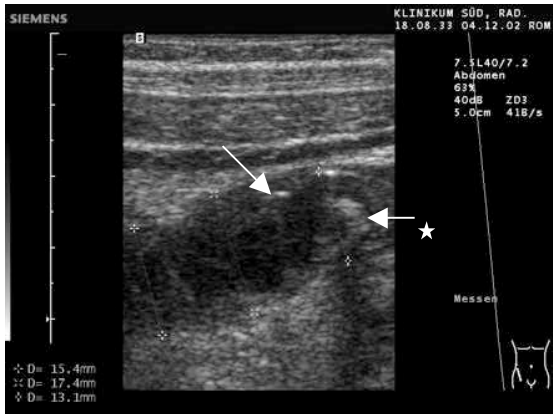
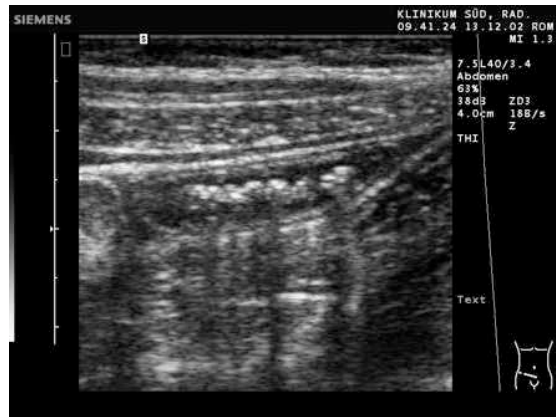


Abb. 19b

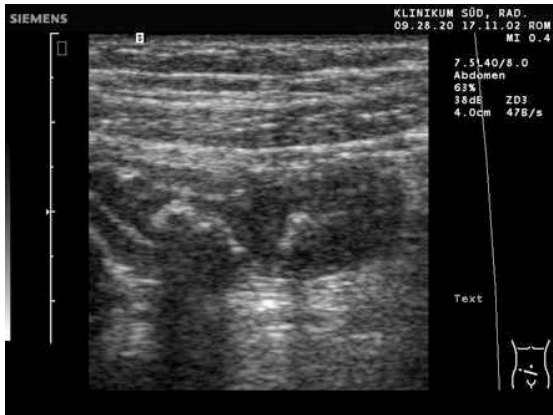
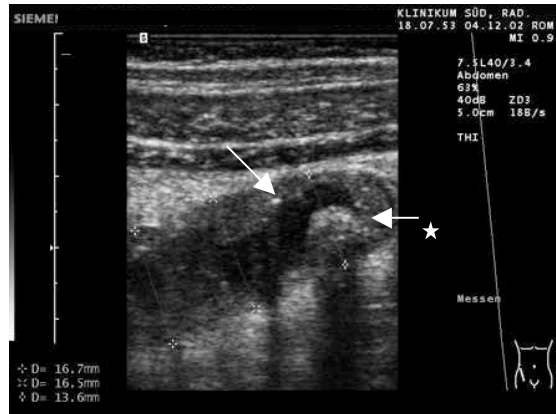


Abb. 19c

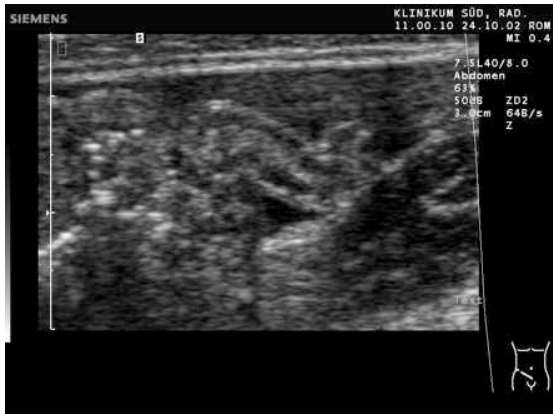
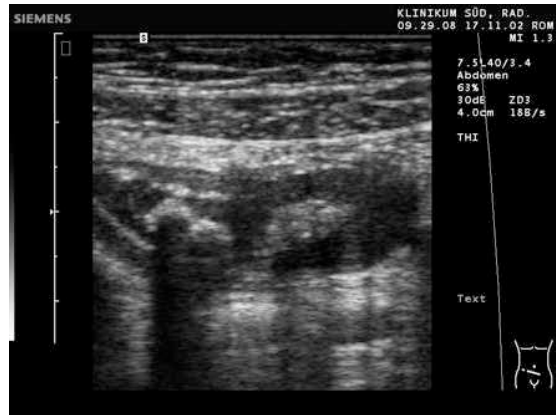
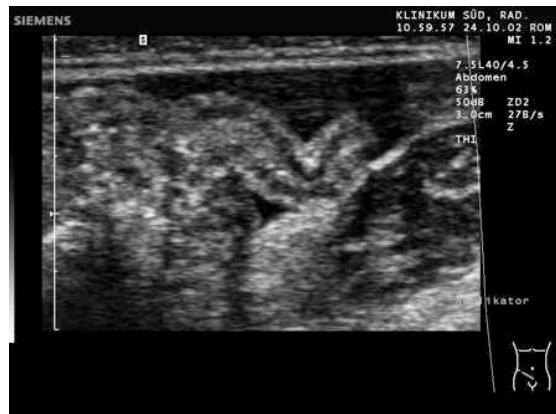


Abb. 19d





### 3.3. Vergleich von fundamentaler Methode und THI in der Umgebung der Appendix

Bei dem Vergleich von fundamentaler Methode und Harmonic Imaging in der Umgebung des Appendix wurden von den 50 präoperativ sonographierten Kindern lediglich die sieben Patienten mit negativer Histologie ausgeschlossen; es wurden hier also die Bilder von 43 Patienten eingeschlossen.

Die Parameter „Echogenitätsvermehrung in der Umgebung“, „Darmwandverdickung in der Umgebung“, „vergrößerte Lymphknoten“, „Flüssigkeit um die Appendix“ und „freie Flüssigkeit sonstiger Lokalisation“ sowie „Darmschlingenkonglomerat“, „Abszess“ und „freie intestinale Luft“ sind in Tabelle 6a nach Häufigkeit ihres Auftretens aufgelistet.

Eine Echogenitätsvermehrung wie auch Lymphknoten und Flüssigkeit im Bereich der Appendix konnten im fundamentalen Modus nur in 83%, 80% bzw. 85% der Fälle dargestellt werden, in denen sie in Harmonic Imaging sichtbar gemacht werden konnten.

Bei den restlichen Befunden gab es hinsichtlich der Quantität der Darstellung keine Unterschiede zwischen THI und fundamentalem Modus. Sie wurden in beiden Methoden gleich häufig vorgefunden.

Jedoch zeigte sich bei der Betrachtung des Signifikanz-Niveaus und der mittleren Scorewerte der einzelnen Parameter, dass auch in der Umgebung der Appendix Harmonic Imaging signifikant dem fundamentalen Modus überlegen ist. Der Score-Vergleich zeigt, dass der fundamentale Modus Harmonic Imaging in keinem der Fälle überlegen schien, Harmonic Imaging hingegen in durchschnittlich 75% (30- 87%) der Fälle als qualitativ hochwertiger angesehen wurde. Bei der Betrachtung der vermehrten Umgebungsechogenität ergab sich (bei Werten für den mittleren Rangwert im fundamentalen Modus von 1,4 und Harmonic Imaging von 2,5) der größte qualitative Unterschied. Auch bei dem Parameter „Flüssigkeit anderer Lokalisation“, bei dem sich die mittleren Rangwerte nur um 0,6 (F: 1,9; THI: 2,5) unterschieden, zeigte sich, dass Harmonic Imaging der signifikant überlegene ( $p=0,001$ ) Modus ist.

Für die Parameter „Darmschlingenkonglomerat“, „Abszess“ und „extraintestinale Luft“ waren in dieser Studie keine ausreichenden Fallzahlen erreicht worden, um ein Signifikanzniveau zu ermitteln.

Die genaue Auflistung der Score-Vergleiche, der mittleren Rangwerte und der Signifikanzen lässt sich in Tabelle 6b erkennen.

**Tabelle 6: THI-F: Vergleich in der Umgebung der Appendix (n=43)**

**6a: Häufigkeit und Darstellbarkeit von pathologischen Strukturen**

Parameter	Patienten-Anzahl	% -Anteil von n=43	Anzahl der Darstellbarkeit	
			THI	F
Echogenitätsvermehrung der Umgebung	35	81,4%	35 (100%)	29 (83%)
Darmwandverdickung	16	37,2%	16 (100%)	16 (100%)
Lymphknoten	15	34,9%	15 (100%)	12 (80%)
Flüssigkeit (Appendix)	13	30,2%	13 (100%)	11 (85%)
freie Flüssigkeit (andere Lokal.)	13	30,2%	13 (100%)	13 (100%)
Darmschlingenkonglomerat	3	7,0%	3 (100%)	3 (100%)
Abszess	3	7,0%	3 (100%)	3 (100%)
extraintestinale Luft	2	4,7%	2 (100%)	2 (100%)

**6b: Score-Vergleich & Signifikanz-Niveau von pathologischen Strukturen**

Parameter	Score-Vergleich			mittlerer Rangwert		Signifikanz-niveau
	THI<F	THI = F	THI>F	F	THI	
Echogenitätsvermehrung der Umgebung	0	5 (14%)	30 (86%)	1,4	2,5	0,000
Darmwandverdickung	0	5 (31%)	11 (69%)	1,9	2,8	0,002
Lymphknoten	0	2 (13%)	13 (87%)	1,4	2,6	0,001
freie Flüssigkeit (Appendix)	0	2 (15%)	11 (85%)	1,3	2,5	0,001
freie Flüssigkeit (anderer Lokalisation)	0	6 (46%)	7 (54%)	1,9	2,5	0,011
Darmschlingenkonglomerat	0	2 (67%)	1 (33%)	2,0	2,7	---
Abszess	0	2 (67%)	1 (33%)	2,3	2,7	---
extraintestinale Luft	0	1 (50%)	1 (50%)	2,0	2,5	---
	0%	25%	75%			

Weitere sonographische Bildbeispiele zu den verschiedenen Parametern in der Umgebung der Appendix werden in Abbildung 20 gezeigt.

Seite 31:

Abb. 20: Darstellung im fundamentalen Modus (links) und THI (rechts)

Abb. 20a: 7J., w.: seröse Appendizitis: Darstellung der vermehrten Umgebungsechogenität, in F nicht darstellbar, in THI sehr gut darstellbar

Abb. 20b: 2J., m.: seröse Appendizitis: Darmwandverdickung in der Umgebung in F gut, in THI sehr gut darstellbar

Abb. 20c: 5J., m.: seröse Appendizitis: vergrößerte, ileozäkale Lymphknoten, in beiden Methoden sehr gut darstellbar

Abb. 20d: 5J., w.: perforierte Appendizitis: Flüssigkeit um die Appendix (\*) und freie intestinale Luft (∟), hier beide Parameter mit gut (F) und sehr gut (THI) darstellbar bewertet

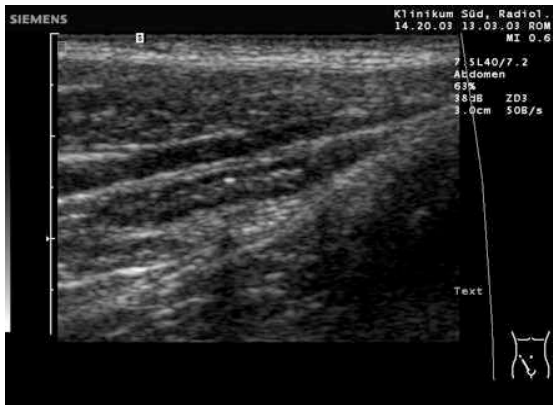


Abb. 20a

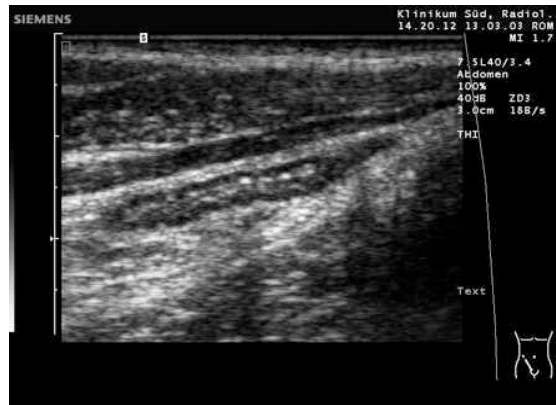


Abb. 20b

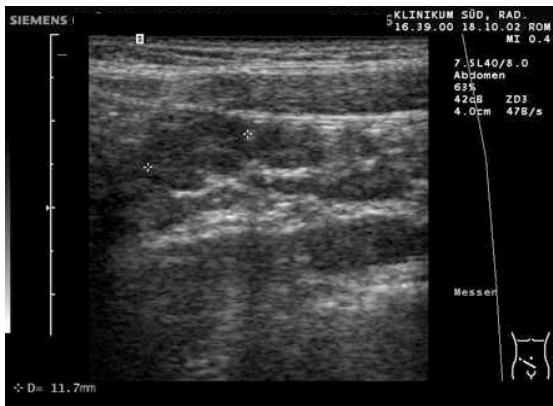


Abb. 20c

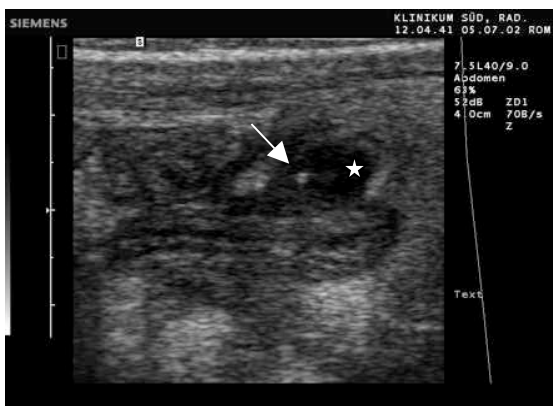
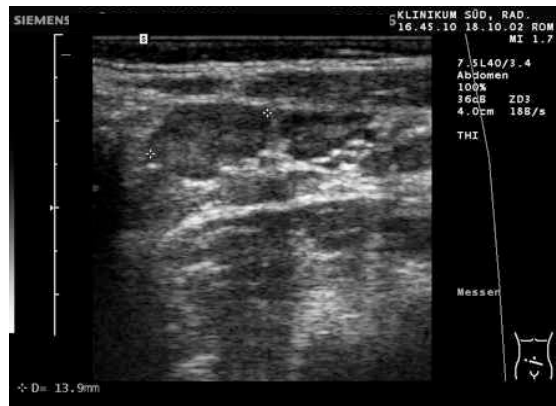
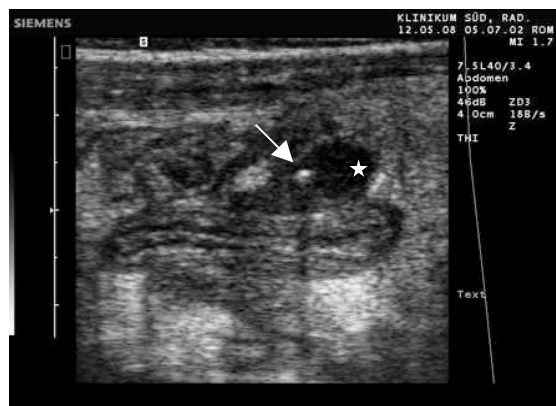


Abb. 20d



### 3.4. Perfusion- Vergleich von FKDS und Powerdoppler (in THI)

Bei 36 Patienten mit histologisch nachgewiesener Appendizitis wurde die Perfusion in den Modi der Farbkodierten Dopplersonographie (FKDS) und im Powerdoppler (PD) dokumentiert. Aus technischen Gründen entfiel bei den restlichen Patienten eine Dokumentation der Perfusion. Die Verteilung (7a) wie auch die mittleren Rangwerte (7b) gibt Tabelle 7 wieder. Bei 44,4% (16/36) ließ sich bei Appendizitis keine vermehrte Perfusion darstellen. In beiden Verfahren hyperperfundiert erschienen 47,2% (17/37) der Appendizes, während bei 8,3%, d.h. bei drei Patienten, eine vermehrte Perfusion nur im Modus des Powerdoppler zu verzeichnen war. Der mittlere Rangwert des FKDS lag 1,1 Rangwerte unter dem des PD; es besteht hier ein signifikanter Unterschied ( $p=0,001$ ).

**Tabelle 7: Perfusion**

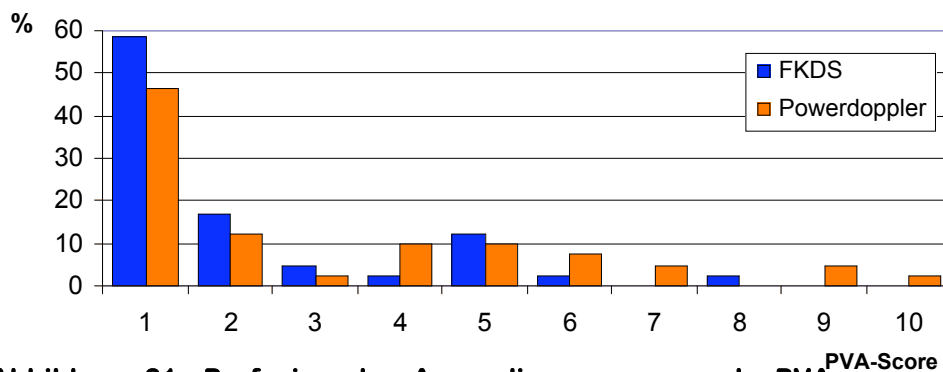
**7a: Verteilung von FKDS und PD**

	Anzahl	prozentualer Anteil
Gesamt	36	100,0%
FKDS und PD <10%	16	44,4%
FKDS <10%, PD>10%	3	8,3%
FKDS und PD >10%	17	47,2%

**7b: mittlere Rangwerte**

	mittlerer Rangwert	mittlerer Rangwert bei PVA >10%
FKDS	2,3	3,3
PD	3,4	5,3

Die genaue Verteilung der Percentage Vessel Area (PVA) geht aus Abbildung 21 hervor. Einige weitere Bilderpaare sollen die Unterschiede in der Quantität der Perfusion im FKDS und PD veranschaulichen (Abbildung 22).



**Abbildung 21: Perfusion der Appendix; gemessen als PVA (percentage vessel area)**

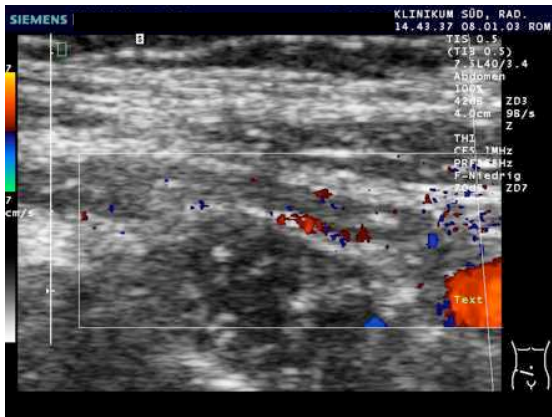


Abb. 22a

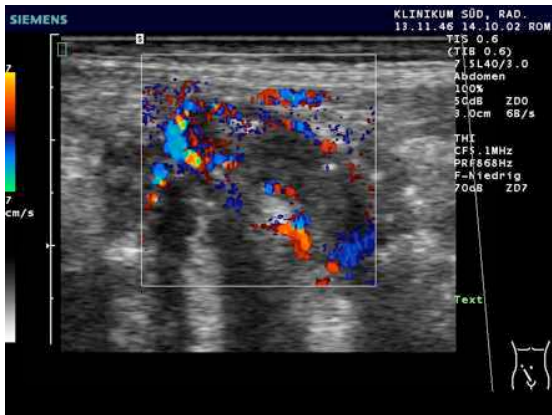
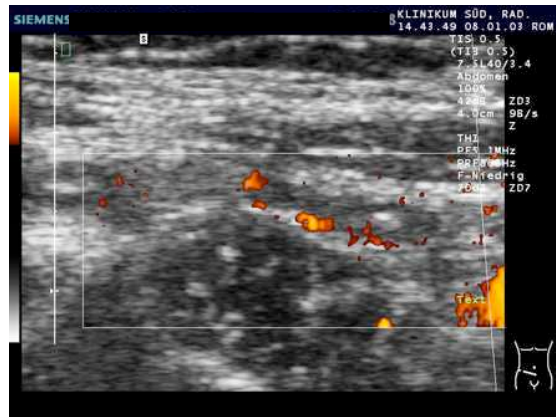


Abb. 22b

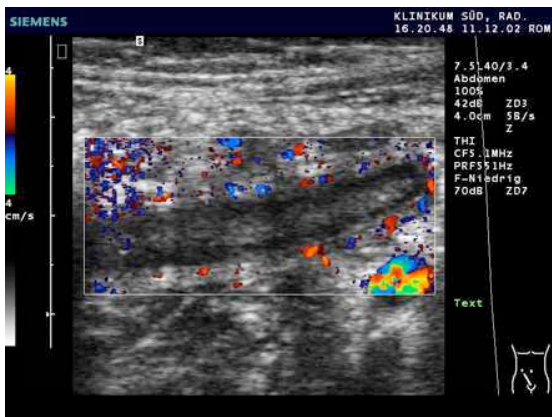
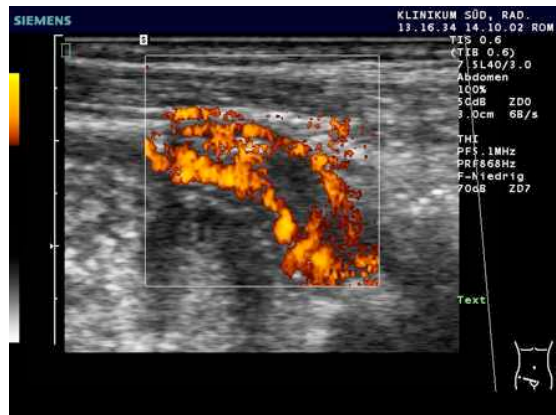


Abb. 22c



Abb. 22: Perfusion, dargestellt im Modus der Farbkodierten Dopplersonographie (FKDS= links) und des Powerdoppler (PD= rechts)

Abb. 22a: 14j., w.: seröse Appendizitis: unauffällige Perfusion in beiden Verfahren

Abb. 22b: 9J., m.: phlegmonöse Appendizitis: ausgeprägte Hyperperfusion im Bereich der Appendix

Abb. 22c: 10J., w.: phlegmonöse Appendizitis: ausgeprägte Hyperperfusion in der Umgebung der Appendix

### 3.5. Differenzierung der histologischen Untergruppen

#### 3.5.1. Histologische Untergruppen

Nach Erhalt der histologischen Befunde wurden die präoperativ erhobenen Werte erneut, jetzt jedoch unter dem Gesichtspunkt der verschiedenen histopathologischen Subtypen, betrachtet. Tabelle 8 zeigt die absolute und prozentuale Verteilung derselben. Bei 17 der insgesamt 50 Kinder (34%) kam es zu einer serös entzündlichen Veränderung der Appendix. Bei 13 Patienten (26%) wurden transmurale granulozytäre Infiltrate mit Schleimhautdefekten und Ulcerationen im Sinne einer phlegmonösen Entzündung vorgefunden. Zu einer Perforation der Appendixwand kam es bei sechs Kindern (12%).

**Tabelle 8: Absolute und prozentuale Verteilung der einzelnen histopathologischen Untergruppen**

n= 50	Anzahl	Prozent
Unauffällige Appendix	7	14
seröse Appendizitis	17	34
phlegmonöse Appendizitis	13	26
perforierte Appendizitis	6	12
chronische Appendizitis	7	14

#### 3.5.2. Vergleich der sonographischen Parameter in den histopathologischen Untergruppen

Bei Abbildung 23 fällt hinsichtlich der einzelnen Parameter (Durchmesser, Wandschichtung/-aufbau, Abgrenzbarkeit der Appendix, Schleimhautecho, Kompressibilität, freie Flüssigkeit, Hyperechogenität der Umgebung und Perfusion) auf, dass eine Verlagerung in Richtung „pathologischem Teilbefund“ stattfindet. Je weiter die Entzündung –von serös über phlegmonös zu perforiert- fortgeschritten ist, desto häufiger kommt es zu einer positiven Darstellung der einzelnen pathologischen Parameter. Die chronische Appendizitis ist von der Häufigkeit der pathologischen Einzelparameter her am ehesten mit der serösen Appendizitis zu vergleichen.

Für eine weiterführende Diskriminationsanalyse der einzelnen histologischen Untergruppen war jedoch die Fallzahl zu gering.

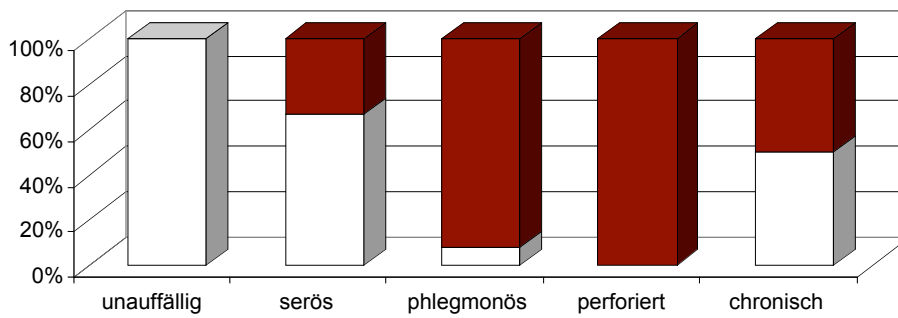


Abb. 23a: Durchmesser: ■ = Durchmesser >6mm, □ = Durchmesser ≤6mm

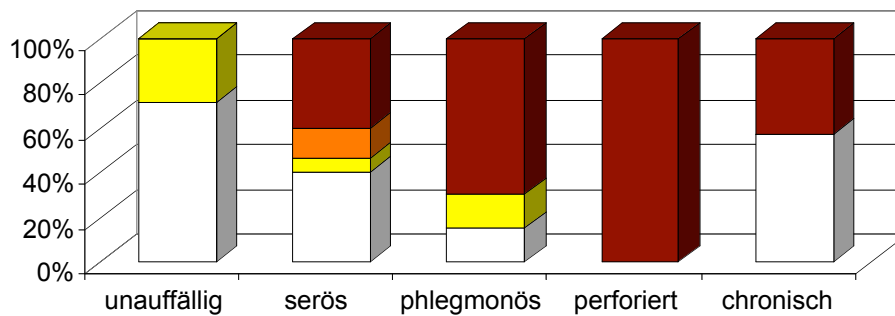


Abb. 23b: Wandschichtung (WS):

■ = WS aufgehoben, irregulär

■ = typische WS in einem Bereich erhalten

■ = WS in zwei Bereichen erhalten

□ = typische WS vollständig erhalten

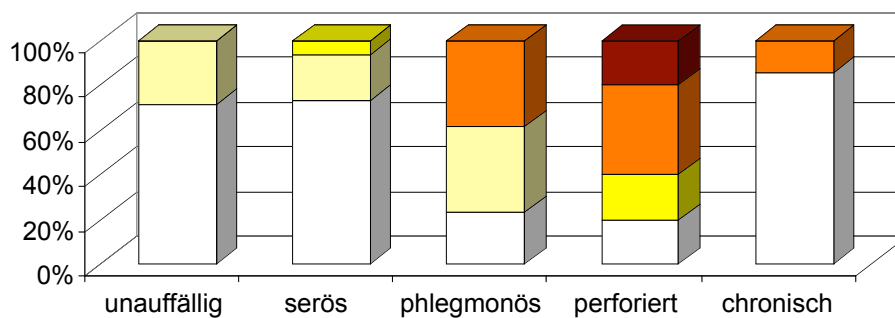


Abb. 23c: Außenkontur, Abgrenzbarkeit:

■ = Perforation darstellbar

■ = vollständig unsharp, unregelmäßig

■ = scharf, regelmäßig in einem Bereich

■ = scharf, regelmäßig in zwei Bereichen

□ = scharf, regelmäßig in allen Bereichen

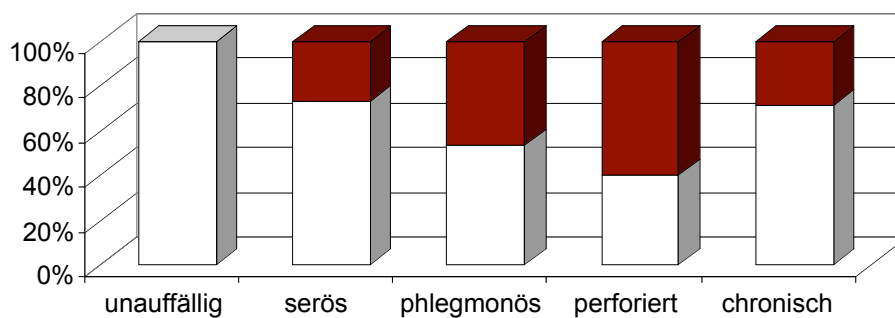


Abb. 23d: Schleimhautecho:

■ = kein Schleimhautecho darstellbar, □ = Schleimhautecho darstellbar

Abbildung 23a-d

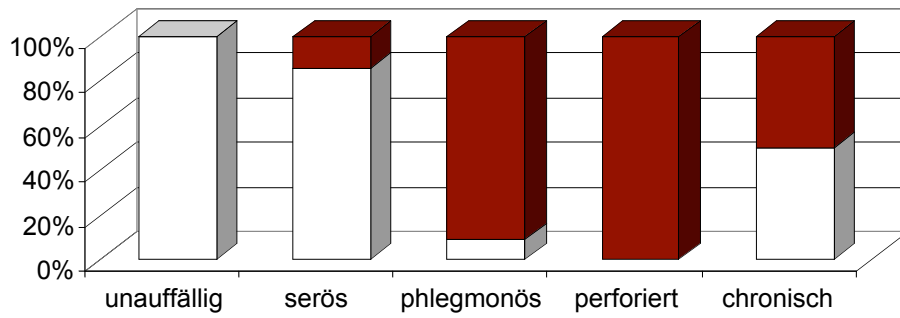


Abb. 23e: KompRESSibilität: ■ = nicht kompressibel, □ = kompressibel

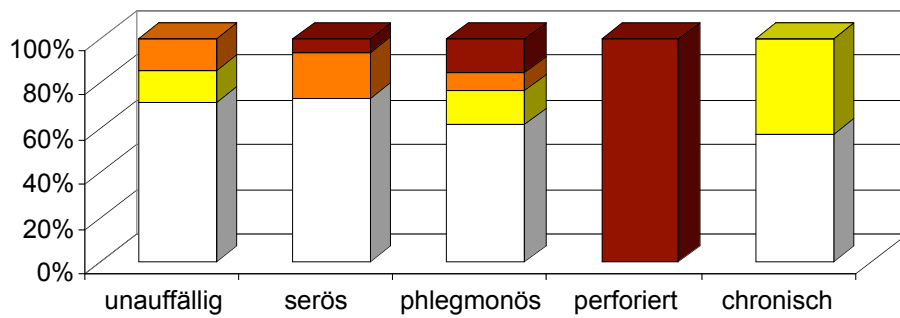


Abb. 23f: Flüssigkeit: ■ = Flüssigkeit um Appendix und anderer Lokalisation  
 ■ = Flüssigkeit anderer Lokalisation  
 ■ = Flüssigkeit um die Appendix  
 □ = keine freie Flüssigkeit

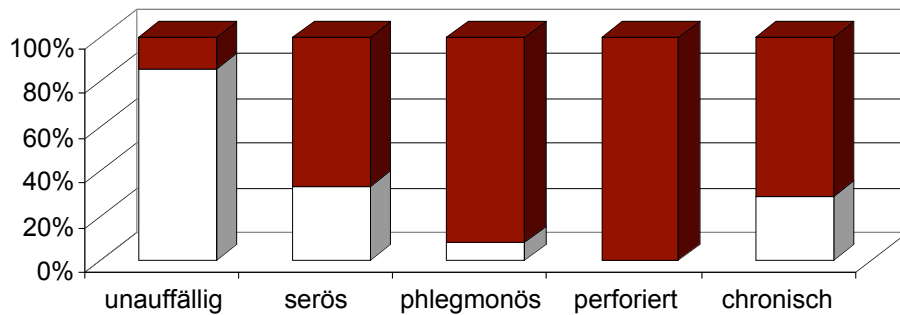


Abb. 23g: Echogenität der Umgebung: ■ = Echogenität vermehrt, □ = Echogenität unauffällig

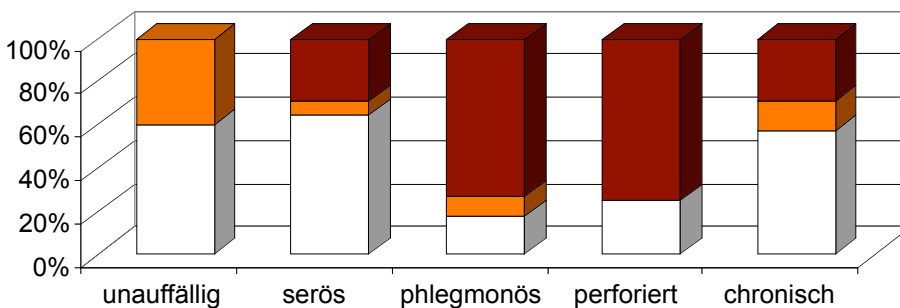


Abb. 23h: Perfusion: ■ = FKDS und PD > 10%, ■ = FKDS < 10%, PD > 10%, □ = FKDS und PD < 10%

Abbildung 23e-h



### 3.6. Paarauswertung

#### 3.6.1. Auswertung nach Betrachter 1 und 2

Die Auswertung der 63 randomisierten Bildpaare, die von zwei Kinderradiologen unabhängig voneinander hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt worden waren, erfolgte nach einem Score-System von 1-10 (1=ungenügend- 10=sehr gut).

In Tabelle 9 ist die Überlegenheit des THI-Modus zu erkennen, der im Mittel in 89,7% (Betrachter 1: 90,4%; Betrachter 2: 88,9%) mit einem besseren Score bewertet wurde als der fundamentale Modus. Dieser war hingegen dem Harmonic Imaging nur in 3,2% der Fälle (Betrachter 1: 4,8%; Betrachter 2: 1,6%) überlegen, was einer Anzahl von zwei Bilderpaaren (Betrachter 1: drei Bilderpaare; Betrachter 2: ein Bilderpaar) entspricht. In 7,1% der Fälle (Betrachter 1: 4,8%; Betrachter 2: 9,5%) wurden Harmonic Imaging und fundamentale Sonographie als gleichwertig angesehen.

Die Auflistung von mittleren Rangwerten wie auch Standardabweichung und Spannweite der Score-Werte nach Betrachter 1 und 2 aufgegliedert, findet sich in Tabelle 10. Die Differenz der mittleren Rangwerte betrug für Betrachter 1: 1,5, für Betrachter 2: 2,0.

THI ist somit dem fundamentalen Modus im Durchschnitt um 1,8 Bewertungspunkte überlegen.

**Tabelle 9: Rangfolgen:** THI>F: Scorewert von THI höher als F  
THI=F: Scorewerte beider Verfahren gleich  
THI<F: Scorewert von THI kleiner als F

	Betrachter 1		Betrachter 2		Übereinstimmung		Mittel
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
THI>F	57	90,4%	56	88,9%	52	82,5%	89,7%
THI=F	3	4,8%	6	9,5%	0	0%	7,1%
THI<F	3	4,8%	1	1,6%	1	1,6%	3,2%
Gesamt	63	100%	63	100%	53	84,1%	

**Tabelle 10: Mittlerer Rang, Standardabweichung und Spannweite der Score-Werte**

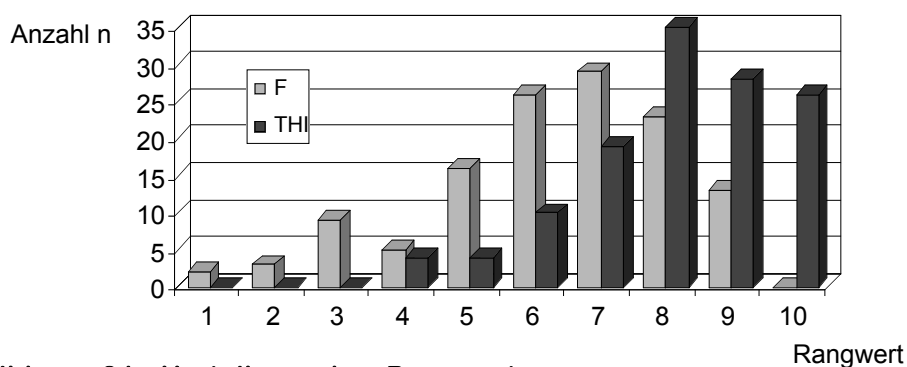
	Betrachter 1		Betrachter 2		Gesamt	
	F	THI	F	THI	F	THI
Mittlerer Rang	7,4	8,9	5,3	7,3	6,3	8,1
Standardabweichung	1,3	1,1	1,8	1,4	1,9	1,5
Spannweite	3- 9	5- 10	1- 8	4- 10	1- 9	4- 10
Mittlere Differenz	1,5		2,0		1,8	

Es ergibt sich im Wilcoxon- Test sowohl für Betrachter 1 als auch 2 eine hochsignifikant ( $p < 0,0001$ ) bessere Beurteilung für die Harmonic Imaging Bilder gegenüber den Fundamentalen.

Vergleicht man die Score-Werte der fundamentalen Bilder von Betrachter 1 (Mittlerer Rang 7,4) mit denen von Betrachter 2 (Mittlerer Rang 5,3) ergibt sich ebenfalls ein signifikanter ( $p < 0,0001$ ) Unterschied. Betrachter 1 bewertete die fundamentalen Bilder somit im Durchschnitt um 2,4 Rangpunkte besser als Betrachter 2. Gleiches gilt für Harmonic Imaging: von Betrachter 1 (Mittlerer Rang 8,9) wurden hier die THI-Bilder im Durchschnitt um 2,6 Rangpunkte besser bewertet als von Betrachter 2 (Mittlerer Rang 7,3).

THI und fundamentale Bilder wurden somit von verschiedenen Betrachtern unterschiedlich bewertet, jedoch schneidet bei beiden Betrachtern wie auch im Gesamten, Harmonic Imaging, wie oben bereits erwähnt, hochsignifikant besser ab.

In Abbildung 24 ist die Rangwertverteilung nach Methoden aufgliedert dargestellt.



**Abbildung 24: Verteilung der Rangwerte**

### 3.6.2. Auswertung nach histopathologischen Untergruppen bzw. einzelnen Parametern

Nach der allgemeinen Auswertung wurden die Bilderpaare noch nach den histopathologischen Untergruppen bzw. der jeweils dargestellten Struktur sortiert und nochmals mittlere Rangwerte, für beide Betrachter getrennt, sowie deren Signifikanz errechnet. Siehe hierzu Tabelle 11.

Besonders bei der Darstellung der serösen und der phlegmonösen Appendizitis wie auch bei Appendikolithen war der Unterschied zwischen Harmonic Imaging und fundamentalem Modus signifikant ( $p < 0,005$ ). Aber auch wenn bei der Darstellung von

freier Flüssigkeit, Darmwandverdickung und Lymphknoten keine Signifikanz besteht, so ist doch an den durchweg höheren mittleren Rangwerten in Harmonic Imaging zu erkennen, dass THI der überlegene Modus war. Für die Berechnung des Signifikanz-Niveaus waren in den Gruppen: „Lymphknoten“, „freie Luft“, „Darstellung der Umgebung“ und „Konglomerat“ nicht ausreichend Bilderpaare vorhanden, jedoch sieht man auch hier an den mittleren Rangwerten der jeweiligen Gruppen, dass THI durchgehend dem fundamentalen Modus überlegen ist.

**Tabelle 11: mittlere Rangwerte von Betrachter 1 und 2, sowie Signifikanzniveau nach histopathologischen Untergruppen bzw. abgebildeten Parametern unterteilt**

	Anzahl der Paare	Betrachter 1		Betrachter 2		Gesamt		Signifikanzniveau 1 - 2
		mittlerer Rangwert		mittlerer Rangwert		mittlerer Rangwert		
		F	THI	F	THI	F	THI	
seröse Appendizitis	15	6,9	8,4	5,3	7,0	6,1	7,7	0,004/0,002
phlegmonöse Appendizitis	14	7,6	9,2	5,4	7,4	6,5	8,3	0,002/0,002
perforierte Appendizitis	5	7,6	9,2	5,8	8,0	6,7	8,6	0,066/0,041
chronische Appendizitis	4	7,0	9,0	4,5	6,0	5,8	7,5	0,066/0,063
Appendikolith	7	7,3	9,0	5,4	7,1	6,4	8,1	0,016/0,026
freie Flüssigkeit	7	8,6	9,6	4,9	7,9	6,7	8,7	0,084/0,042
Darmwandverdickung	4	7,5	9,3	6,3	8,0	6,9	8,6	0,059/0,059
Lymphknoten	3	6,7	8,7	4,3	8,0	5,5	8,3	0,109/0,109
freie Luft	2	7,5	8,5	5,0	7,0	6,3	7,8	--
Umgebungsdarstellung	1	6,0	7,0	4,0	7,0	5,0	7,0	--
Konglomerat	1	7,0	8,0	4,0	5,0	5,5	6,5	--

### **3.7. Vergleich von makroskopisch zu sonographisch gemessenem Durchmesser**

Die mittlere Differenz von makroskopisch gemessenem Durchmesser und den Messwerten im THI- Modus betrug in dieser Studie 2,32 mm (Standardabweichung 4,9), die des fundamentalen Modus 2,31 mm (Standardabweichung 4,7).

Bei dem Vergleich im T-Test der Mittleren Differenzen von tatsächlicher Messung zu den Messungen im fundamentalen Modus bzw. zu Harmonic Imaging zeigt sich, dass sich die Messungen nicht signifikant ( $p=0,911$ ) voneinander unterscheiden. Bei histologisch nachgewiesener Appendizitis ist also eine Messung in beiden Methoden gleich gut möglich.

Zieht man jedoch die Werte der sieben als unauffällig befundenen Appendizes hinzu, ergab sich ein signifikanter Unterschied ( $p=0,047$ ) zwischen Harmonic Imaging und fundamentalem Modus hinsichtlich der gemessenen Durchmesser. In Harmonic Imaging ist eine genauere Messung möglich.

## **4. DISKUSSION**

Zur Diagnostik der akuten Appendizitis wird die Sonographie von vielen Autoren empfohlen [10, 18, 30, 43, 47, 58]. Die negative Appendektomie rate [20, 44] wie auch die Perforationsrate [20, 28] können durch eine Sonographie des Abdomens gesenkt werden. Hahn et al. berichtet von einer signifikanten ( $p < 0,0115$ ) Senkung der negativen Appendektomien von 29 auf 18% [20], Puig et al. sogar von 36,6 auf 9,8% ( $p < 0,001$ ) [44]. Karakas et al. stellt eine Senkung der negativen Appendektomie rate von 13 auf 8% fest [28]. Auch die Perforationsrate konnte durch eine Sonographie von 21 auf 15% ( $p = 0,426$ ) [20] bzw. von 29 auf 23% [28] gesenkt werden.

Bei den vorliegenden Studien bezüglich der Appendizitis-Diagnostik liegen jedoch keine Untersuchungen bzw. Ergebnisse hinsichtlich der Verwendung von Harmonic Imaging vor.

### **4.1. Harmonic Imaging**

Eine reflektierte Schallwelle besteht nicht nur aus ihrer eigentlichen Grundfrequenz, sondern ihr sind auch Ober- und Untertonschwingungen beigemischt, die dem Vielfachen der Grundfrequenz entsprechen. Das aus der Tiefe reflektierte Echo besteht nicht nur aus der reflektierten Sendefrequenz (Fundamentalfrequenz), sondern auch aus den zusätzlichen, harmonischen Frequenzen (harmonics). Dieses physikalische Phänomen macht sich Harmonic Imaging zunutze [2, 9, 66]. Das Auftreten von Harmonischen Signalen in der Sonographie wurde ursprünglich in Zusammenhang mit der Verwendung von Ultraschallkontrastmitteln entdeckt [65]. Das reflektierte Echo besteht nicht nur aus der reflektierten Sendefrequenz, sondern auch noch aus den zusätzlichen Frequenzen, die durch Schwingung der Kontrastmittelbläschen generiert werden [2]. Der Effekt der nichtlinearen Reflexion bei der Verwendung von Ultraschallkontrastmitteln ist jedoch nicht auf die Verwendung von Ultraschallkontrastmittel beschränkt, er ist auch im Körpergewebe zu beobachten [17]. Im konventionellen Ultraschall wird nur die Grundfrequenz ausgewertet, so dass die Sendefrequenz und die Empfangsfrequenz der Ultraschallsignale identisch sind. Im Gegensatz hierzu werden bei den Harmonic Imaging Techniken nur die harmonischen Oberwellen (=harmonische Frequenzen) für den Bildaufbau benutzt [2, 22].

Zur Begriffsklärung muss nun zwischen der reinen B-Bild-Methode Tissue Harmonic Imaging und der Darstellung von Ultraschall Kontrastmitteln, unterschieden werden. Durch Ultraschall-Kontrastmittel hervorgerufene harmonische Schwingungen stammen von Reflexionen des injizierten Ultraschall-Kontrastmittels und nicht von Reflexionen des Gewebes [56].

Harmonic Imaging verwendet Echos mit der doppelten oder mehrfachen Frequenz der Fundamentalfrequenz als Basis für die Bilddaten [8, 66]. Die Verwendung der doppelten Frequenz wird als „Second Harmonic Imaging“ (Schmalband) und die Verwendung von Mehrfachfrequenzen als „Wide-band Harmonic Imaging“ (Breitband) bezeichnet [8]. Die Bildung von harmonischen Schwingungen resultiert aus dem Phänomen der nicht linearen Schallausbreitung. Im Gewebe breitet sich die komprimierende Phase der Wellenfront schneller aus als die dekomprimierende Phase, was zu einer zunehmenden Distorsion der Wellenform und dadurch zur Bildung harmonischer Schwingungen (=Tissue Harmonic Imaging) führt [8, 66].

Anders als bei dieser konventionellen Methode verwendet „Ensemble Tissue Harmonic Imaging“ in Verbindung mit dem Siemens SONOLINE® Elegra diese neue „Wide Band Harmonic Imaging“- Methode, die auf der „Phaseninversions“- Technik basiert. Mit dieser Methode wird die volle Bandbreite des Schallkopfes ausgenutzt, um alle Echosignale zu erhalten, und zwar dynamisch optimiert, um die beste Bildqualität in jeder Bildtiefe zu erreichen [17, 54].

Das Ergebnis sind B-Bilder mit deutlicher Verbesserung der Orts- und Kontrastauflösung, die die Leistungsfähigkeit des Second Harmonic Imaging nochmals übertrifft [17].

Zusammenfassend können folgende Vorteile des Tissue Harmonic Imaging gegenüber dem fundamentalen Modus festgehalten werden [56]:

- Reduktion von Artefakten, die aus dem Bereich der Haut stammen
- Unterdrückung von Störungen aus dem Randbereich der Schallkeule
- Verbesserung von Orts- und Kontrastauflösung

## 4.2. Patientengut

Auch wenn in dieser Studie die Daten eines eher kleinen Kollektivs beurteilt und gesammelt wurden, so erscheint sie hinsichtlich Alter, Geschlechtsverteilung, negativer Appendektomie- und Perforationsrate durchaus repräsentativ.

Mit einem Durchschnittsalter von 9,9 Jahren (männliche Patienten: 9,0 Jahre, Spannweite: 2,1-14,2 Jahre; weibliche Patienten: 10,8 Jahre, Spannweite: 2,8-17,8 Jahre) ist der Wert vergleichbar mit dem anderer Publikationen zur akuten Appendizitis bei Kindern, der mit 9-11 Jahren angegeben wird [11, 15, 19, 36, 42]. Auch die Geschlechterverteilung (m:w=1:1) entspricht in etwa der in der Literatur gemeinhin angegebenen [11, 15, 19, 31]. Die Rate der negativen Appendektomien lag in dieser Studie bei 14%, bei einer Perforationsrate von 12%. Wie auch bei Gastinger et al. mit 9%, liegt die Perforationsrate in dieser Studie im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen [15]. In der Mehrzahl der Fälle ist sie mit Werten bis zu 20,8% [44], 26% [20] oder 36,5% [37] deutlich höher. Die angegebenen Werte zur negativen Appendektomie reichen von 2,6% [37] bis 19% [20].

## 4.3. Vergleich von fundamentaler Methode und Tissue Harmonic Imaging (THI)

### 4.3.1. Durchmesser

Der wohl am häufigsten untersuchte Parameter bezüglich der Appendizitis ist der Durchmesser. So gibt Rioux 1992, wie auch Jeffrey et al. 1988 schon, für sein Kollektiv, das Kinder und Erwachsene einschließt, die Grenze von 6 mm für den pathologisch vergrößerten a.-p.-Durchmesser bei Verdacht auf Appendizitis an [26, 52]. Bei weiteren Überlegungen bezüglich eines pädiatrischen Kollektivs kommt Vignault et al. zu dem Schluss, dass die Grenze von 6 mm auch bei Kindern gültig ist [68].

Zum einen wird von Appendizes berichtet, die bei einer akuten histopathologisch nachgewiesenen Entzündung einen Durchmesser kleiner als 6 mm aufweisen. In einer Studie mit einem Kollektiv von 294 Kindern mit akut entzündlich veränderten Appendizes wiesen 26 (8,8%) einen Durchmesser von kleiner als 6mm auf [19]. Rettenbacher et al. fand bei allen Patienten mit bestätigter ulcero-phlegmonöser Entzündung einen Durchmesser von über 6 mm, bei serösen Appendizitiden wurden jedoch nur 55% der Durchmesser über 6 mm gemessen [51]. In der vorliegenden Studie kamen im fundamentalen Modus

40,5% der nachgewiesenen Appendizitiden kleiner als 6 mm zur Darstellung. Im Harmonic Imaging Modus nur 37,5%. Auch hier muss unterschieden werden zwischen seröser Appendizitis, bei der nur 33% größer als 6 mm waren. Bei der phlegmonösen Appendizitis hingegen waren 92%, bei der perforierten Appendizitis 100% über 6 mm im Durchmesser. In der vorliegenden Studie zeigt sich, dass die Messungen im fundamentalen Modus und THI bei nachgewiesener Appendizitis gleich gut sind und sich nicht signifikant unterscheiden.

Andererseits gibt es auch in gesunden, beschwerdefreien Kollektiven Patienten mit einem Durchmesser der Appendix von über 6 mm. Simonovsky [60] berichtet von 14,2%, Rettenbacher et al. [51] sogar von 23% eines Kontrollkollektivs, bei dem der Appendixdurchmesser über 6 mm betrug, ohne dass Beschwerden vorhanden waren. Derartige Patienten wurden jedoch in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Die Überlegungen bezüglich des Durchmessers zeigen aber ganz deutlich, dass zu einer sicheren Diagnosestellung noch andere Parameter herangezogen werden müssen.

#### 4.3.2. Andere Kriterien

Hahn et al. gibt an, dass die diagnostische Sicherheit der Sonographie mit der Anzahl der erfüllten sonographischen Kriterien einer akuten Appendizitis wächst [19]. Diese anerkannten Kriterien zur Diagnosesicherung bei Verdacht auf Appendizitis sind unter anderem neben einem Durchmesser von über 6mm und der fehlenden Komprimierbarkeit auch das eventuelle Vorhandensein eines Appendikolithen oder eine hyperechogene Umgebungsreaktion [20, 50, 52, 62]. Freie Flüssigkeit perizäkal oder sonstiger Lokalisation [20, 52, 62], ein lokal paralytischer Ileus sowie Wandverdickungen im Ileozäkalbereich [20] oder eine vermehrte Farbkodierung der Appendix in der Dopplersonographie können hinzukommen [20, 41, 50]. Von einer fortgeschrittenen Entzündung ist auszugehen bei zunehmend aufgehobener Wanddifferenzierung der Appendix [20, 52, 62] sowie einer Konglomerat- oder Abszessbildung im Bereich des rechten Unterbauches [20].

Auch in der vorliegenden Studie wurden die oben genannten Parameter geprüft, jedoch nicht vorrangig bezüglich der Quantität ihres Auftretens bei Appendizitis, sondern um einen Bildvergleich zwischen den beiden Methoden, der fundamentalen Sonographie und Harmonic Imaging, bei eben diesen Kriterien anzustellen.



Bei der Betrachtung des Schleimhautechos konnte dasselbe mit THI in 62,5% der Fälle abgegrenzt werden, im fundamentalen Modus hingegen nur in 40% der Fälle. Bei neun Kindern (22,5%) war also ein Schleimhautecho vorhanden, das jedoch nur mit Harmonic Imaging darstellbar war. Zudem zeigt sich in der Bildqualität ein hochsignifikanter Unterschied zu Gunsten des Tissue Harmonic Imaging bei der Darstellung des Schleimhautechos. In Harmonic Imaging konnte des Weiteren bei 81% der histologisch nachgewiesenen Appendizitiden eine vermehrte Umgebungsechogenität festgestellt werden, im fundamentalen Modus hingegen nur bei 67%. Bei der Bildqualität bezüglich der vermehrten Umgebungsechogenität war Harmonic Imaging dem fundamentalen Modus ebenfalls hochsignifikant überlegen. Ähnliche Ergebnisse zeigt die Betrachtung des Parameters „perizäkale Flüssigkeit“. Bei 30,2% der Patienten konnte in Harmonic Imaging Flüssigkeit um die Appendix nachgewiesen werden, im fundamentalen Modus hingegen nur bei 25,6%. In der Qualität der Darstellbarkeit zeigte sich auch hier ein hochsignifikantes Ergebnis.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es in einigen Fällen, wie oben beschrieben, nur im Modus des THI möglich war, die entsprechenden Kriterien zu verifizieren und so die Diagnosefindung zu erleichtern. Es zeigt sich jedoch bei gleicher Quantität bei allen getesteten Kriterien ein signifikanter Unterschied in der Qualität der Darstellbarkeit zwischen fundamentalem Modus und Tissue Harmonic Imaging. Ausgenommen hiervon sind lediglich die Parameter „Luft in der Wand“, „Darmschlingenkonglomerat“, „Abszess“ und „extraintestinale Luft“, da hier die Fallzahl zu klein war, um ein Signifikanzniveau zu errechnen. So soll, soweit vorhanden, für die Appendizitisdiagnostik bei Kindern Harmonic Imaging eingesetzt werden, um ein optimales Ergebnis zu bekommen.

#### **4.4. Paarauswertung**

Der Vergleich von randomisierten und anonymisierten Bilderpaaren betreffend fundamentalem Sonographie-Modus und Tissue Harmonic Imaging (THI) ist schon an mehreren Organen durchgeführt worden.

So hat Choudhry et al. Bilderpaare von pathologischen Strukturen im abdominalen Bereich miteinander verglichen [7], Shapiro et al. hauptsächlich im Bereich des Pankreas [59] oder Hann et al. im Bereich der Leber [21].

Choudhry et al. hat in seiner Arbeit 202 randomisierte Bilderpaare in fundamentaler Bildgebung und THI von verschiedensten abdominellen Läsionen an Leber, Niere, Gallensystem und anderen Organen untersucht. Dabei wurden die THI-Bilder in 62% der Fälle besser, in 26% gleich gut und in 12% schlechter als die fundamentalen Bilder bewertet, was sich als signifikant im Wilcoxon-Test herausstellte. In dieser Studie konnten sogar, bei gleichem Signifikanzniveau, noch überzeugendere Werte für THI ermittelt werden. Der Unterschied der beiden unabhängigen Betrachter war mit  $p=0,78$  bei Choudhry et al. nicht signifikant. Auf Grund dieser Studie kommt er zu dem Schluss, dass THI besonders im Bereich von cystischen Strukturen, darzustellender Luft, Abgrenzung der Schallschatten und bei echodichtem Gewebe Vorteile in der Bildbetrachtung gegenüber dem fundamentalen Modus hat. Auch bei diffusen Echogenitätsunterschieden parenchymatöser Organe ist THI vorteilhaft; hier jedoch sei der Unterschied nicht so groß [7].

Tissue Harmonic Imaging war auch in einer Studie von Shapiro et al. deutlich dem fundamentalen Modus überlegen. Hier wurden Bilder-Tripel mit jeweils THI und fundamentalem Bild mit 2,5- und 4,0-MHz-Schallkopf von Pankreas, Leber, Gallenwegen, Nieren, Milz, intraabdominellen Gefäßen oder inneren weiblichen Genitalen angefertigt. Bei der Beurteilung wurde für die drei Bilder jeweils hinsichtlich Detailgenauigkeit, Darstellbarkeit schallkopfferner Strukturen und allgemeiner Bildqualität ein Score verteilt. In 50 von 60 Bilderreihen war THI dem Fundamentalen im Bereich des Pankreas hinsichtlich allgemeiner Bildqualität überlegen, im zusammengefassten Bereich anderer anatomischer Strukturen in 58 von 68 Bildern. In allen drei Beurteilungsmodalitäten stellen sich die Bilder des Pankreas mittels THI als signifikant ( $p<0,0005$ ) besser heraus als die Bilder mit 2,5- bzw. mit 4,0-MHz-Schallkopf. Bei dem Vergleich von THI mit fundamentalem Modus im Bereich der anderen anatomischen Strukturen wurde lediglich bei der Darstellung schallkopfferner Strukturen bei Verwendung des 2,5-MHz-Schallkopfes ein niedrigeres Signifikanzniveau erreicht ( $p=0,05$ ); ansonsten schnitt THI in allen Modalitäten auch hier hochsignifikant besser ( $p<0,0001$ ) ab [59].

Bestätigt wurde die bessere Darstellbarkeit mittels THI auch von Hann et al. im Bereich der Leber [21]. So konnte die Differenzierung von festen und flüssigen Strukturen in 96% der Fälle mit THI gleich gut oder besser erfolgen. Die Qualität des Nah- bzw. Fern-Feldes war in 96% bzw. 83% gleich gut oder besser. Auch für die allgemeine Bildqualität wurde

THI bevorzugt (94% ranggleich oder besser). Hann et al. fasst also zusammen, dass bei der Sonographie der Leber der THI-Modus dem Konventionellen vorzuziehen ist [21].

Gerade im Bereich von Pankreas [25], Galle [40], der Lebertumordiagnostik [2, 65] aber auch der Diagnostik im Bereich der Mamma [53] oder des ableitenden Harnsystemes [8] kommt es zu einer deutlichen Verbesserung der Darstellungsqualität durch die Verwendung der Harmonischen Frequenzen. Studien zur sonographischen Diagnostik mittels Harmonic Imaging bei Darmerkrankungen, insbesondere der Appendizitis liegen aktuell jedoch keine vor.

Auch im Bereich der Appendix konnten in der vorliegenden Studie die positiven Ergebnisse für Tissue Harmonic Imaging durchweg nur bestätigt werden. So war hier THI dem fundamentalen Modus sogar in 89,7% der Fälle überlegen, bei 7,1% schnitten THI und der fundamentale Modus gleich gut ab, während THI in nur 3,2% der Fälle als unterlegen erschien. Anders als bei Choudhry et al., wo der Unterschied zwischen den unabhängigen Betrachtern nicht statistisch signifikant war [7], unterschieden sich die Rangfolgen der beiden Betrachter in dieser Studie im Fundamentalen und auch im THI signifikant voneinander. Bei beiden Betrachtern war jedoch jeweils THI mit einer hohen Signifikanz der deutlich überlegen bewertete Modus gegenüber der fundamentalen Sonographie.

So kann die Sonographie mit THI nicht nur bei oben genannten Organen, dem fetalen Gehirn [66] und dem fetalen Herzen [54, 66], sondern, wie diese Studie zeigt, auch bei der Detektion der Appendizitis bei Kindern sinnvoll und Erfolg versprechend eingesetzt werden.

Rosenthal et al. weist in seiner Studie daraufhin, dass THI-Bilder kontrastreicher sind, was sich durchaus vorteilhaft in der Charakterisierung und Auffindung bestimmter flüssigkeitenthaltender Areale auswirken kann. Jedoch, so Rosenthal, mache dieser Sachverhalt es auch nötig, neue diagnostische Standards bezüglich des normalen Erscheinungsbildes von festen Strukturen zu erlernen. Für den Untersucher ist es wichtig das Bild durch bestimmte Einstellungen zu optimieren, um so einen potentiellen Verlust an Informationen durch eine zu starke Kontrastierung zu vermeiden [54].

## 4.5 Perfusion

Wie in den Publikationen von Simonovsky [61], Rettenbacher et al. [50] oder Hahn et al. [20] erwähnt, ist die Steigerung der Perfusion der Appendix als Zeichen einer akuten Entzündung in diesem Bereich zu werten. Das Fehlen einer Hyperperfusion kann jedoch, so Lehmann et al. [32], eine Appendizitis nicht ausschließen.

In der vorliegenden Studie waren Powerdoppler (PD) und Farbkodierte Duplexsonographie (FKDS) in 44,4% der histologisch gesicherten Appendizitiden nicht vermehrt. Eine isolierte Vermehrung der Powerdopplersignale fand sich bei 8,3%, während FKDS und PD bei 47,2% der Patienten eine auffällige Perfusion zeigten. Von ähnlichen Ergebnissen berichtet Boldt et al. [5], der bei 46% seiner Patienten mit sonographischer Diagnose Appendizitis ein deutliches Enhancement im Powerdoppler feststellen konnte. Patriquin et al. [41] stellte bei 13/13 Patienten mit akuter Appendizitis ohne Komplikation stark vermehrte Farbdopplersignale fest. Wohingegen die starke Hyperperfusion bei zunehmender Entzündungsreaktion und beginnenden Nekroseerscheinungen wieder abnimmt und sich nur teilweise darstellen lässt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Messung der Perfusion – wie in dieser Studie mittels Powerdoppler und Farbkodierter Dopplersonographie- ein weiteres, durchaus wertvolles Hilfskriterium bezüglich der Frage nach einer akuten Entzündungsreaktion der Appendix ist.

## 4.6 Histologie

Für die Einteilung der verschiedenen histologischen Unterformen wird in der Literatur kein einheitliches Schema verwendet, was einen Vergleich von der vorliegenden Studie mit anderen Studien schwierig macht.

Häcker und Schumacher fanden bei 15,2% eine chronische, bei 57,2% eine akut/phlegmonöse und bei 20,2% eine perforierte Appendizitis vor, während 7% der Befunde unauffällig waren [16]. Mugomba et al. gibt 23,1% für die akute, seröse Appendizitis, 9,6% für die phlegmonöse, 38,5% für die phlegmonöse Appendizitis mit Periappendizitis sowie 21,2% für perforierte und 7,7% für chronisch entzündlich veränderte Appendizes an [36]. In unserer Studie waren 39,5% der auffälligen Appendizes

serös und 30,2% phlegmonös verändert, während 14,0% perforiert und 16,3% chronisch entzündlich verändert waren.

Der Zeitpunkt im Krankheitsverlauf, zu dem die Patienten erstmalig in der Klinik vorgestellt werden, spielt sicherlich eine wichtige Rolle hinsichtlich der Verteilung der histopathologischen Untergruppen, entzieht sich jedoch dem Wirkungskreis der in der Klinik arbeitenden Ärzte.

Zur möglichen Differenzierung der einzelnen histologischen Unterformen der Appendizitis mittels Sonographie liegt keine Literatur vor. In der vorliegenden Studie war die Fallzahl zu klein, um eine Diskriminationsanalyse durchführen zu können. Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt jedoch -von serös über phlegmonös zu perforiert- die Zunahme der pathologischen Einzelkriterien auf, je weiter die Entzündung fortgeschritten ist. Insbesondere die Kriterien „Durchmesser“, „Veränderung der Wandschichtung“, „Kompressibilität“ und „vermehrte Umgebungsechogenität“ sind eindrücklich verändert. Bei allen perforierten Appendizitiden waren vorgenannte Kriterien positiv und sprachen somit für eine Entzündung der Appendix. Sie unterschieden sich deutlich von der Gruppe der unauffälligen Appendizes. Jedoch auch weniger eindrucksvoll veränderte Kriterien, wie „Abgrenzbarkeit“, „Schleimhautecho“ oder „Perfusion“, lassen eine deutliche „Verschiebung“ erkennen.

## **Schlussfolgerung**

Die Sonographie ist nur ein Puzzle-Teil bei der Diagnoseerhebung des Krankheitsbildes Appendizitis. Jedoch zeigt diese Studie eindeutig, dass die Sonographie durch die Umstellung von fundamentalem B-Bild zu Harmonic Imaging in ihrem Stellenwert in der Appendizitisdiagnostik deutlich aufgewertet wird. Durch die Entwicklung neuer Verfahren und die zunehmende Bildqualität besteht das Potential, einen weiteren Schritt in Richtung Senkung der negativen Laparotomien zu gehen und dabei nicht die Gefahr zu laufen, dies auf Kosten einer ansteigenden Perforationsrate zu tun. Um eine bessere Bildqualität zu gewährleisten, soll, wenn vorhanden, die Ultraschall-Untersuchungsmodalität Harmonic Imaging anstatt des fundamentalen Modus bei Verdacht auf Appendizitis verwendet werden.

## **5. ZUSAMMENFASSUNG**

Einleitung: Harmonic Imaging ist eine neue Ultraschallmodalität mit hoher Orts- und Kontrastauflösung. Mehrere Vergleichsstudien bei Erwachsenen haben gezeigt, dass Harmonic Imaging der konventionellen (=fundamentalen) Ultraschallbildgebung bei verschiedenen Fragestellungen überlegen ist. Ziel dieser Studie war der Bildqualitätsvergleich von fundamentaler Technik und Harmonic Imaging bei Kindern und Jugendlichen mit histologisch gesicherter Appendizitis.

Patienten und Methoden: Bei 50 Kindern (m:w = 25:25, Altersdurchschnitt: 9,9 Jahre), die unter dem klinischen Verdacht auf Appendizitis operiert wurden, führten wir präoperativ eine Sonographie in fundamentaler und Harmonic Imaging (Tissue Harmonic Imaging – THI – Sonoline Elegra®, Siemens) Technik durch. Es wurde ein 7,5-MHz-Linear-Schallkopf verwendet, welcher in beiden Modalitäten zu bedienen war. Eine detaillierte und vergleichbare Darstellung des Unterbauchs, insbesondere der Appendixregion, wurde mit beiden Techniken durchgeführt. Die mittels eines standardisierten Auswertungsbogens gewonnenen Daten wurden miteinander verglichen, mit den histologischen Befunden korreliert und statistisch ausgewertet. Zusätzlich wurde die Bildqualität im Rahmen einer Paarauswertung (geblindete Bildpaare: THI-Fundamental) anhand einer 10-stufigen Rating-Skala (1=sehr schlecht bis 10=hervorragend) beurteilt.

Ergebnisse: Bei 43/50 (86%) Patienten lag histologisch eine Appendizitis vor. Die sonographisch gestellte Verdachtsdiagnose besaß eine Sensitivität von 98% und eine Spezifität von 94%. Bei 37/43 Patienten konnte die Appendix mittels fundamentaler Technik, bei 40/43 Patienten mittels THI direkt dargestellt werden. THI erwies sich als signifikant überlegen bei der Darstellung der Außenkontur, der Wandschichtung, des Schleimhautechos und des Lumeninhaltes ( $p < 0,0001$ ). Auch bei der Beurteilung der Umgebungsechogenität, von freier Flüssigkeit sowie mesenterialer Lymphknoten bot das THI Verfahren eine überlegene Darstellbarkeit. Bei der Paarauswertung ergab sich für THI ein mittlerer Rangwert von 8,1, für die fundamentale Bildgebung von 6,3 ( $p < 0,0001$ ).

Schlussfolgerung: Bei der sonographischen Diagnostik der Appendizitis zeigt die Technik des THI eine der fundamentalen signifikant überlegene Bildqualität. Wenn beide Methoden vorhanden sind, sollte bei der Frage nach einer Appendizitis die Harmonic Imaging bevorzugt eingesetzt werden.

## **6. ANHANG**

### Abkürzungen:

F	Fundamentale Sonographie
FKDS	Farbkodierte Dopplersonographie
PD	Powerdoppler
PVA	Percentage Vessel Area
THI	Tissue Harmonic Imaging
US	Ultraschall

**SONOGRAPHISCHE KRITERIEN:****A. PERSÖNLICHE DATEN:**

Patientennummer 1. \_\_\_\_\_ Initialen 2. \_\_\_\_\_  
 Geschlecht 3. \_\_\_\_\_ 1=männlich 2=weiblich Geburtsdatum 4. \_\_\_\_\_  
 Sono-Datum 5. \_\_\_\_\_ OP-Datum 6. \_\_\_\_\_

**B. APPENDIX a= FUNDAMENTAL b= THI**

Organdurchmesser: x= Appendix nicht darstellbar; ansonsten Durchmesser in mm

Basis 7a. \_\_\_\_\_ 7b. \_\_\_\_\_  
 Mitte 8a. \_\_\_\_\_ 8b. \_\_\_\_\_  
 Spitze 9a. \_\_\_\_\_ 9b. \_\_\_\_\_

Wandschichtung/ Aufbau:

0 = nicht darstellbar; 1=typische Schichtung erhalten; 2=irregulär, aufgehoben, veränderte Echogenität

Basis 10a. \_\_\_\_\_ 10b. \_\_\_\_\_  
 Mitte 11a. \_\_\_\_\_ 11b. \_\_\_\_\_  
 Spitze 12a. \_\_\_\_\_ 12b. \_\_\_\_\_

Wandschichtung/Aufbau: Zusammenfassung für THI:

1= typische Schichtung in allen Bereichen erhalten 2= typische Schichtung in 2 Bereichen erhalten  
 3= typische Schichtung in einem Bereich erhalten 4= irreguläre Schichtung in allen Bereichen

13b. \_\_\_\_\_

Wandschichtung/ Aufbau: Allgemeine Darstellbarkeit:

0= nicht darstellbar; 1= schlecht darstellbar; 2= gut darstellbar; 3= sehr gut darstellbar;

14a. \_\_\_\_\_ 14b. \_\_\_\_\_

Außenkontur/ Abgrenzbarkeit:

0= nicht darstellbar, nicht abgrenzbar 1= scharf, glatt, regelmäßig  
 2= unscharf, unregelmäßig 3= unterbrochen/ Perforation

Basis 15a. \_\_\_\_\_ 15b. \_\_\_\_\_  
 Mitte 16a. \_\_\_\_\_ 16b. \_\_\_\_\_  
 Spitze 17a. \_\_\_\_\_ 17b. \_\_\_\_\_

Außenkontur/ Abgrenzbarkeit: Zusammenfassung für THI:

1= scharf, glatt, regelmäßig in allen Bereichen 2= scharf, glatt, regelmäßig in 2 Bereichen  
 3= scharf, glatt, regelmäßig in einem Bereich 4= unscharf, unregelmäßig in allen Bereichen  
 5= unterbrochen, Perforation

18b. \_\_\_\_\_

Außenkontur/Abgrenzbarkeit: Allgemeine Darstellbarkeit:

0= nicht darstellbar; 1= schlecht darstellbar; 2= gut darstellbar; 3= sehr gut darstellbar

19a. \_\_\_\_\_ 19b. \_\_\_\_\_

**Für 20- 23:** 0= nicht darstellbar; 1= schlecht darstellbar; 2= gut darstellbar; 3= sehr gut darstellbar

Schleimhautecho: 20a. \_\_\_\_\_ 20b. \_\_\_\_\_

Lumen mit Inhalt: 21a. \_\_\_\_\_ 21b. \_\_\_\_\_

Luft in der Wand: 22a. \_\_\_\_\_ 22b. \_\_\_\_\_

Appendikolith: 23a. \_\_\_\_\_ 23b. \_\_\_\_\_

Kompressibilität: 0= nicht darstellbar; 1= nicht kompressibel; 2= kompressibel

24a. \_\_\_\_\_ 24b. \_\_\_\_\_

**C. UMGEBUNG DER APPENDIX:**

**Für 25 & 26:** 0= nicht darstellbar; 1= schlecht darstellbar; 2= gut darstellbar; 3= sehr gut darstellbar

Flüssigkeit um Appendix 25a. \_\_\_\_\_ 25b. \_\_\_\_\_

Flüssigkeit anderer Lokalis.(Douglas, Morrison) 26a. \_\_\_\_\_ 26b. \_\_\_\_\_

Paralyse umgebenden Darmes 0= keine Paralyse; 1= lokale Paralyse; 2= disseminiert (Ileus)

27a. \_\_\_\_\_ 27b. \_\_\_\_\_



<b>Umgebende Raumforderung/ Pathologische Strukturen:</b>		0=nein; 1=ja
	28a. _____	28b. _____
wenn 28: ja (1) dann 29.-32. 0= nicht darstellbar; 1= schlecht darstellbar; 2= gut darstellbar; 3= sehr gut darstellbar		
entzündliches Darmschlingenkonglomerat	29a. _____	29b. _____
vergrößerte LK/ Lymphadenitis mesenterialis	30a. _____	30b. _____
Abszeß	31a. _____	31b. _____
extraintestinale Luft	32a. _____	32b. _____
<b>Echogenität der Umgebung</b> 0= normal 1= pathologisch		33a. _____ 33b. _____
wenn 33 pathologisch (1) dann		34a. _____ 34b. _____
1= schlecht darstellbar; 2=gut darstellbar; 3=sehr gut darstellbar		
<b>Darmwandverdickung in Umgebung</b>		35a. _____ 35b. _____
0=nicht darstellbar; 1=schlecht darstellbar; 2=gut darstellbar; 3= sehr gut darstellbar		
<b>D. PERFUSION (FKDS+ THI und Powerdoppler + THI)</b>		
Percentage Vessel Area (PVA): FKDS – Power		36a. _____ 36b. _____
x= nicht dargestellt, 1= normal (0-10%) bis 10= massiv vermehrt (90-100%)		
<b>E. SONOGRAPHISCHE DIAGNOSE:</b>		37. _____
0= kein Appendix darstellbar 2= sonographisch Verdacht auf Appendizitis		
1= unauffälliger Appendix Befund 3= andere Diagnose		
<b>Andere Diagnose</b>		38. _____
<b>Diagnosesicherheit in %:</b>		39. _____
<60% Verdachtsdiagnose fraglich		
60-80% Verdachtsdiagnose wahrscheinlich		
>80% Verdachtsdiagnose sehr wahrscheinlich		
<b>F. HISTOPATHOLOGIE:</b>		Appendix 40. _____
1= normaler Befund 5= perforiert		
2= entzündlich/ serös 6= perforiert mit Abszess		
3= ulcero- phlegmonös 7= chronisch entzündlich verändert		
4=gangränös		
<b>Zusatz</b>		41. _____
1= Kotstein/Appendikolith 5= Lymphadenitis		
2= Oxyuren 6= Invagination		
3= Meckel-Divertikel 7= Lymphfollikuläre Hyperplasie		
4= Regionale Peritonitis, Periappendizitis		
<b>G. BILDBEISPIELE:</b>		
<b>Bildbeispiel</b> 0= nein 1= ja		42. _____
Wenn ja (1), für:		_____
		_____
<b>Photo</b> 0= nein 1= ja		43. _____

## 7. LITERATURVERZEICHNIS

- [01] Addiss DG, Shaffer N, Fowler BS, Tauxe RV: The epidemiology of appendicitis and appendectomy in the United States  
Am J Epidemiol 1990, 132: 910-925
- [02] Becker D, Strobel D, Hahn EG: Tissue Harmonic Imaging und Contrast Harmonic Imaging- Verbesserung der Diagnose von Lebermetastasen?  
Internist 2000, 41: 17-23
- [03] Berry J, Malt RA: Appendicitis near its centenary  
Ann surg 1984, 200: 567-575
- [04] Blab E: Die akute Appendizitis im Kindesalter  
Pädiatrie und Pädologie 2001, 3 : 10-12
- [05] Boldt A, Beyer D, Kreß M, Stamm I: Diagnostik der akuten Appendizitis bei Kindern und Jugendlichen mit hochfrequentem Schallkopf unter zusätzlichem Einsatz des Powerdopplers  
Georg Thieme: Ultraschall 2000, 135.2 (Abstract)
- [06] Bühling KJ, Lepenies J, Witt K: Intensivkurs: Allgemeine und spezielle Pathologie. 1. Auflage  
Urban & Schwarzenberg; München, Wien, Baltimore; 1995: 259-260
- [07] Choudhry S, Gorman B, Charboneau JW, Tradup DJ, Beck RJ, Kofler JM, Groth DS: Comparison of Tissue Harmonic Imaging with Conventional US in Abdominal disease  
Radiographics 2000, 20: 1127-1135
- [08] Darge K, Trusen A, Riedmiller H, Tröger J: Kontrastverstärkte sonographische Diagnose des vesikouretralen Refluxes mittels „Harmonic Imaging“  
Aktuel Urol 2002, 33: 540-545
- [09] Desser TS, Jeffrey RB Jr, Lane MJ, Ralls PW: Tissue harmonic imaging: Utility in abdominal and pelvic sonography  
J Clin Ultrasound 1999, 27: 135-142
- [10] Dille A, Wesson D, Munden M, Hicks J, Brandt M, Minifee P, Nuchtern J: The impact of ultrasound examinations on the management of children with suspected appendicitis: a 3-year analysis  
J Pediatr Surg 2001, 36: 303-308

- [11] Emil S, Laberge JM, Mikhail P, Baican L, Flageole H, Nguyen L, Shaw K:  
Appendicitis in children: A ten-year update of therapeutic recommendations  
J Pediatr Surg 2003, 38(2): 236-242
- [12] Emil S, Mikhail P, Laberge JM, Flageole H, Nguyen LT, Shaw KS, Baican L,  
Oudjhane K: Clinical versus sonographic evaluation of acute appendicitis in  
children: a comparison of patient characteristics and outcomes  
J Pediatr Surg 2001, 36: 780-783
- [13] Fitz RH: Perforating inflammation of the vermiform appendix: with special  
reference to its early diagnosis and treatment  
Am J Med Sci 1886, 92: 321-346
- [14] Franke C, Böhner H, Yang Q, Ohmann C, Röhner HD et al: Ultrasonography for  
Diagnosis of Acute Appendicitis: Results of a Prospective Multicenter Trial  
World J Surg 1999, 23(2): 141-146
- [15] Gastinger I, Lippert H, Sroka Th: Über die aktuelle Behandlungssituation der  
kindlichen Appendizitis. Eine Qualitätsstudie  
Zentralbl Chir 1992, 117: 13-17
- [16] Häcker FM, Schumacher U: Mikrobiologische Aspekte zur Pathogenese der  
Appendizitis im Kindesalter  
Zentralbl Kinderchir 2001, 10: 21-24
- [17] Haerten R, Lowery C, Becker G, Gebel M, Rosenthal S, Sauerbrei E: Ensemble™  
Tissue Harmonic Imaging- Technologie und klinischer Nutzen  
Electromedica 67 (Siemens), 1999, 1: 56-62
- [18] Hahn HB: Die Stellung der Sonographie in der Pädiatrie  
Klin Pädiatr 2001, 213: 104-108
- [19] Hahn H, Hoepner F, Kalle von T, Mac Donald E, Prantl F, Spitzer I, Farber D:  
Appendicitis in childhood  
Radiologe 1997, 37: 454-458
- [20] Hahn H, Höpner F, Prantl F: Sonographische Appendizitisdiagnostik. Möglichkeit  
und Grenzen  
Hans Marseille Verlag GmbH München  
Chir Praxis 2001, 58: 587-598

- [21] Hann LE, Bach AB, Cramer LD et al: Hepatic sonography: comparison of tissue harmonic and standard sonography techniques  
AJR Am J Roentgenol 1999, 173: 201-206
- [22] Herbay A von, Vogt C, Häussinger D: Neue Verfahren in der abdominalen Sonographie: Haben sie einen klinischen Nutzen? Panoramabildverfahren, Harmonic-Imaging-Technologien und kontrastmittelunterstützte Sonographie  
Z Gastroenterol 2001, 39: 295-304
- [23] Hirner A, Weise K: Chirurgie Schnitt für Schnitt. 1. Auflage  
Georg Thieme: Stuttgart, New York; 2004: 602-607
- [24] Horntrich J, Schneider W: Die Appendizitis aus epidemiologischer Sicht  
Zentralbl Chir 1990, 115: 1521-1529
- [25] Ierardi E, Muscatiello N, Nacchiero M, Gentile M, Margiotta M, Marangi S, Francesco de V, Francavilla R, Barone M, Faleo D, Panella C, Francavilla A, Cuomo R: Second harmonic imaging improves trans-abdominal ultrasound detection of biliary sludge in “idiopathic” pancreatitis  
Aliment Pharmacol Ther 2003, 17: 473-477
- [26] Jeffrey RB, Laing FC, Townsend RR: Acute Appendicitis: Sonographic Criteria Based on 250 Cases  
Radiology 1988, 167: 327-329
- [27] Jones PF: Suspected acute appendicitis: trends in management over 30 years  
Br J Surg 2001, 88: 1570-1577
- [28] Karakas SP, Guelfguat M, Leonidas JC, Springer S, Singh SP: Acute appendicitis in children: comparison of clinical diagnosis with ultrasound and CT imaging  
Pediatr Radiol 2000, 30: 94-98
- [29] Kaiser S, Frenckner B, Jorulf HK: Suspected Appendicitis in Children: US and CT- A Prospective Randomized Study  
Radiology 2002, 223: 633-638
- [30] Kley CW, Becker H: Die akute Appendizitis: Die Entscheidungsfindung des Chirurgen  
Viszeralchirurgie 2003, 38: 14-20

- [31] Koch A, Marusch F, Schmidt U, Gastinger I, Lippert H: Die Appendizitisbehandlung in der letzten Dekade des 20. Jahrhunderts- Analyse zweier prospektiver multizentrischer klinischer Beobachtungsstudien  
Zentralbl Chir 2002, 127: 290-296
- [32] Lehmann D, Uebel P, Weiss H, Fiedler L, Bersch W: Sonographische Darstellbarkeit der normalen und der entzündeten Appendix- bei Patienten mit rechtsseitigen Unterbauchschmerzen  
Ultraschall in Med 2000, 21: 101-106
- [33] Lessin MS, Chan M, Catalozzi M, Gilchrist BF, Richards C, Manera L, Wallach MT, Luks FI: Selective Use of Ultrasonography for acute appendicitis in children  
Am J Surg 1999, 177: 193-196
- [34] Manner M, Stöckel W: Diagnostik bei Verdacht auf Appendicitis- Lässt sich eine akute Appendicitis sonographisch ausschließen?  
Chirurg 2001, 72: 1036-1042
- [35] Mohr VD, Brechtel T, Döbler K, Fischer B (Hrsg.): Qualität sichtbar machen. Qualitätsreport 2001  
Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung GmbH: Düsseldorf; 2002: 40-46
- [36] Mugoba G, Schenk C, Dabidian R, Scheuerecker H, Glaser F: Laparoskopische versus konventionelle Appendektomie im Kindesalter- Ergebnisse einer prospektiven 2-Jahres-Beobachtungsstudie  
Zentralbl Kinderchir 2001, 10: 16-20
- [37] Newman K, Ponsky T, Kittle K, Dyk L, Throop C, Giesecker K, Sills M: Appendicitis 2000: Variability in practice, outcomes, and resource utilization at thirty pediatric hospitals  
J Pediatr Surg 2003, 38(3): 372-379
- [38] Ohmann C, Franke C, Kraemer M, Yang Q: Neues zur Epidemiologie der akuten Appendizitis  
Chirurg 2002, 73: 769-776
- [39] Ohmann C, Lefering R: Bedeutung von Scoringsystemen für die Chirurgie  
Visceralchirurgie 2002, 37: 333-339
- [40] Ortega D, Burns PN, Simpson DH, Wilson SR: Tissue Harmonic Imaging: Is It a benefit for Bile Duct Sonography?  
AJR Am J Roentgenol 2001, 176: 653-659

- [41] Patriquin HB, Garcier JM, Lafortune M, Yazbeck S, Russo P, Jequier S, Ouimet A, Filiatrault D: Appendicitis in children and young adults: Doppler sonographic-pathologic correlation  
AJR Am J Roentgenol 1996, 166: 629- 633
- [42] Peña BM, Taylor GA: Radiologists' confidence in interpretation of sonography and CT in suspected pediatric appendicitis  
AJR Am J Roentgenol 2000, 175: 71-74
- [43] Peña BM, Taylor GA, Fishmann SJ, Mandl KD: Effect of an Imaging Protocol on Clinical Outcomes Among Pediatric Patients With Appendicitis  
Pediatrics 2002, 110(6): 1088-1093
- [44] Puig S, Hormann M, Rebhandl W, Felder-Puig R, Prokop M, Paya K: US as a Primary Diagnostic Tool in Relation to Negative Appendectomy: Six Years Experience  
Radiology 2003, 226(1): 101-104
- [45] Puig S, Schaefer-Prokop C, Mang T, Prokop M: Single- and multi-slice computed tomography of the paediatric kidney  
Eur J Radiol 2002, 43(2): 139-45
- [46] Puylaert JB: Acute Appendicitis- US evaluation using graded compression  
Radiology 1986, 158: 355-360 (Abstract)
- [47] Puylaert JB, Rutgers PH, Lalisang RI, Vries de BC, Werf van der SD, Dorr JP, Blok RA: A prospective study of ultrasonography in the diagnosis of appendicitis  
N Engl J Med 1987, 317(11): 666-669
- [48] Remmele W (Hrsg.): Pathologie Band 2: Verdauungstrakt. 2. Auflage  
Springer: Berlin, Heidelberg; 1996: 495-508
- [49] Rettenbacher T, Hollerweger A, Macheiner P, Gritzmann N: Die Sonographie der normalen Appendix vermiformis  
Ultraschall Med 1997, 18: 139-142
- [50] Rettenbacher T, Hollerweger A, Macheiner P, Gritzmann N, Daniaux M, Schwamberger K, Ulmer H, zur Nedden D: Ovoid Shape of the Vermiform Appendix: A Criterion to Exclude Acute Appendicitis- Evaluation with US  
Radiology 2003, 226(1): 95-100

- [51] Rettenbacher T, Hollerweger A, Macheiner P, Rettenbacher L, Tomaselli F, Schneider B, Gritzmann N: Outer Diameter of the Vermiform Appendix as a Sign of Acute Appendicitis: Evaluation at US  
Radiology 2001, 218(3): 757-762
- [52] Rioux M: Sonographic detection of the normal and abnormal appendix  
AJR Am J Roentgenol 1992, 158: 773-778
- [53] Rosen EL, Soo MS: Tissue harmonic imaging sonography of breast lesions: Improved margin analysis, conspicuity, and image quality compared to conventional ultrasound  
Clin Imaging 2001, 25(6): 379-384
- [54] Rosenthal SJ, Jones PH, Wetzel LH: Phase inversion tissue harmonic sonographic imaging  
AJR Am J Roentgenol 2001, 176: 1393-1398
- [55] Schmidt G (Hrsg.): Sonographische Differentialdiagnose- Lehratlas zur systematischen Bildanalyse mit über 2500 Befundbeispielen  
Georg Thieme: Stuttgart, New York; 2002: 233-248
- [56] Schoelgens C: Native™ Tissue Harmonic Imaging  
Radiologe 1998, 38: 420-423
- [57] Schröder RJ, Bostanjoglo M, Hidajat N, Rademaker J, Röttgen R, Mäurer J, Felix R: Vaskularisationsanalyse bei Mammatumoren- Vergleich von Hochfrequenzsonographie und Kontrast-Colour-Harmonic-Imaging  
Fortschr Röntgenstr 2002, 174: 1132-1141
- [58] Schulte B, Beyer D, Kaiser C, Horsch S, Wiater A: Ultrasonography in suspected acute appendicitis in childhood- report of 1285 cases  
Eur J Ultrasound 1998, 8(3): 177-182
- [59] Shapiro RS, Wagreich J, Parsons RB, Stancato-Pasik A, Yeh HC, Lao R: Tissue harmonic imaging sonography: evaluation of image quality compared with conventional sonography  
AJR Am J Roentgenol 1998, 171:1203-1206
- [60] Simonovsky V: Sonographic detection of normal and abnormal appendix  
Clin Radiol 1999, 54: 533-539

- [61] Simonovsky V: Normal appendix: is there any significant difference in the maximal mural thickness at US between pediatric and adult populations?  
Radiology 2002, 224: 333-337
- [62] Sivit CJ: Diagnosis of acute appendicitis in children: spectrum of sonographic findings  
AJR Am J Roentgenol 1993, 161:147-152
- [63] Sivit CV, Applegate KE, Stallion A, Dudgeon DL, Salvator A, Schluchter M, Berlin SC, Myers MT, Borisa VJ, Weinert DM, Morrison SC, Grisoni ER: Imaging evaluation of suspected appendicitis in a pediatric population: effectiveness of sonography versus CT  
AJR Am J Roentgenol 2000, 175: 977-980
- [64] Sivit CJ, Siegel MJ, Applegate KE, Newman KD: When Appendicitis is suspected in children  
Radiographics 2001, 21: 247-262
- [65] Tanaka S, Oshikawa O, Sasaki T, Ioka T, Tsukuma H: Evaluation of tissue harmonic imaging for the diagnosis of focal liver lesions  
Ultrasound Med Biol 2000, 26: 183-187
- [66] Tranquart F, Grenier N, Eder V, Pourcelot L: Clinical use of ultrasound tissue harmonic imaging  
Ultrasound Med Biol 1999, 25: 889-893
- [67] Treutner KH, Schumpelick V: Epidemiologie der Appendicitis  
Chirurg 1997, 68: 1-5
- [68] Vignault F, Filiatrault D, Brandt ML, Garel L, Grignon A, Ouimet A: Acute appendicitis in children: evaluation with US  
Radiology 1990, 176: 501-504
- [69] Waldschmidt J: Die akute Appendizitis beim Kind  
Zentralbl Chir 1998, 123 Suppl. 4: 66-71
- [70] Zielke A: Appendizitis. Moderne Diagnostik  
Chirurg 2002, 73(8): 782-790



## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. Darge für die Überlassung des Themas sowie für die exzellente und konsequente Betreuung. Durch eine anregende Diskussion war er mir eine große Hilfe bei der Planung und Erstellung dieser Dissertation.

Herrn Dr. med. Rompel möchte ich ebenfalls für die stetige Unterstützung sowie die Bereitstellung der sonographischen Bilder herzlichst danken.

Herrn Dr. Wittmann danke ich für die Anfertigung und Überlassung der Photos der histologischen Schnittpräparate.

Zuletzt möchte ich Herrn Dr. med. Wilke großen Dank für die Hilfe bei statistischen Fragen aussprechen.

# Lebenslauf

## DERZEITIGE TÄTIGKEIT

---

Assistenzärztin in der Klinik für Kinder und Jugendliche am Hegau-Klinikum Singen

## PERSÖNLICHE DATEN

---

Birgit Hülße	Geb.: 02.10.1972
App. II/54	Tel.: 07731-90 95 32
Virchowstraße 6	e-mail: <a href="mailto:bhuelse@hotmail.com">bhuelse@hotmail.com</a>
78224 Singen	mobil: 0179-4 987 096

## SCHULBILDUNG

---

1979- 1983	Grundschule am Hofberg, Bad Aibling
1983- 1992	Gymnasium Bad Aibling, Mathematisch- Naturwissenschaftlicher Zweig
Abschluss 1992:	Abitur

## AUSBILDUNG

---

1993- 1999	Medizinstudium an der LMU München
SoSe 1995:	Physikum
WiSe 1996/97:	1. Staatsexamen
WiSe 1998/99:	2. Staatsexamen
WiSe 2000/01:	3. Staatsexamen

## FAMULATUREN/ PRAKTISCHES JAHR

---

1993:	Krankenpflegepraktikum Kinderkrankenhaus München-Schwabing
1996: Famulatur:	Kinderarztpraxis Dr. Keudel, Unterhaching Gynäkologische Klinik Prof. Eiermann, München
1997: Famulatur:	Tropenchirurgie, Ilembula, Tansania
1998: Famulatur:	Kinderanästhesie, Marienkrankenhaus, Hamburg-Altona
<u>PJ</u> : 1.Tertial:	Innere Medizin, Kampala, Uganda
2. Tertial:	Kinderchirurgie, München-Schwabing
3. Tertial:	Pädiatrie, Krankenhaus Starnberg

## ÄRZTIN IM PRAKTIKUM

---

2001- 2003	Klinik für Kinderchirurgie, Klinikum Nürnberg
------------	---

## WEITERBILDUNG

---

2003- 2004      Kinderchirurgie, Klinikum Nürnberg  
seit Nov. 2004    Pädiatrie, Hegau-Klinikum Singen

## AUSLANDSAUFENTHALTE

---

1991/ 1993      Jugendbegegnungsprogramm mit Lupembe/ Tansania  
1992:            Tansania: Feldarbeit (7 Monate)  
1995:            Chile: Reise (2 Monate)  
1999- 2000:     Ecuador: Sprachstudium (3 Monate);  
                    Australien: Reise (3 Monate)

## EHRENAMTLICHE TÄTIGKEIT

---

1988 –91:        Jugendgruppenleiterin in der ev.-luth. Kirchengemeinde  
                    Bad Aibling  
1988- 2001:     Mitarbeit im Kinderzeltlager Lindenbichl am Staffelsee  
                    als ehrenamtliche Betreuerin und Sanitäterin

## SONSTIGE KENNTNISSE

---

Sprachen:      Englisch, Kisuaheli, Spanisch, Französisch  
Computer:     gute Kenntnisse in Word und Excel

---

10.02.2005      Birgit Hülße