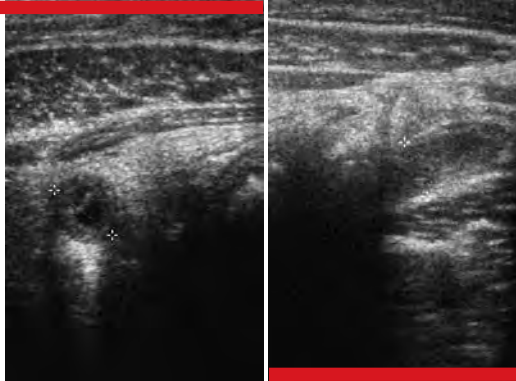


# EVALUATION DER SONOGRAPHISCHEN APPENDIZITIS-DIAGNOSTIK BEI KINDERN

Eine Qualitätsmanagement-orientierte Studie

Jutta Hartmann-Armbruster



INAUGURALDISSERTATION zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Medizin des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



*édition scientifique*  
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1<sup>st</sup> Edition 2011

© 2011 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)

**Evaluation der sonographischen Appendizitis-  
Diagnostik bei Kindern –  
Eine Qualitätsmanagement-orientierte Studie**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

**Jutta Hartmann-Armbruster**

aus Ehringshausen

Gießen 2010

Aus dem Medizinischen Zentrum für Kinderheilkunde und Jugendmedizin  
Abteilung für Kinderradiologie  
des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH  
Standort Gießen  
Leiter: Professor Dr. med. Gerhard Alzen

Gutachter: Prof. Dr. G. Alzen  
Gutachter: PD Dr. H. Lehmann

Tag der Disputation: 12.04.2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
I.1. Problemstellung.....	1
I.2. Appendizitis.....	1
I.3. Untersuchungsmethoden.....	5
I.4. Literatur-Review.....	5
I.5. Zielsetzung.....	7
<b>II. Material und Methode.....</b>	<b>8</b>
II.1. Untersuchtes Patientenkollektiv und Auswahlkriterien.....	8
II.2. Konzept des Fragebogens.....	9
II.3. Verwendete Geräte.....	11
II.4. Methode und physikalische Grundlagen der angewendeten Ultraschalluntersuchung.....	12
II.5. Weiterführende Diagnostik.....	15
<b>III. Ergebnisse.....</b>	<b>17</b>
III.1. Häufigkeitsverteilungen und Epidemiologie.....	17
III.2. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse des Fragebogens.....	18
III.2.1. Fragestellungen an den Radiologen.....	18
III.2.2. Anzahl der benötigten Sonographien bis zur Diagnosestellung.....	21
III.2.3. Klinische Untersuchung.....	22
III.2.4. Ergebnisse der Sonographien.....	30
III.2.5. Veränderung der Sonographiebefunde bei Kontrolluntersuchungen, Spezifität und Sensitivität der Sonographie.....	31
III.2.6. Fehlerquellen und Hindernisse in der Ultraschall-Untersuchung.....	32
III.3. Qualitätsmanagement.....	34
III.3.1. Treffsicherheit der unterschiedlichen Untersucher.....	34
III.3.2. Qualität der Dokumentation der klinischen Untersuchung.....	35
III.3.3. Latenzzeiten zwischen Aufnahmeuntersuchung, Sonographie und Operation .....	36

III.3.4. Vergleich der Anzahl von Sonographien mit der Dauer des stationären Aufenthaltes.....	38
III.4. Weiterführende Diagnostik.....	39
III.5. Besondere Fälle.....	41
IV. Diskussion.....	49
IV.1.1. Analyse der Fragestellung und Anzahl der benötigten Sonographien.....	49
IV.1.2. Analyse des diagnostischen Ablaufs und der klinischen Untersuchung.....	50
IV.1.3. Analyse der Sonographieergebnisse.....	51
IV.1.4. Analyse von Fehlerquellen in der Ultraschall-Untersuchung.....	52
IV.2.1. Analyse der Treffsicherheit der unterschiedlichen Untersucher.....	53
IV.2.2. Analyse der Dokumentationsqualität.....	54
IV.2.3. Analyse der Latenzzeiten zwischen Aufnahmeuntersuchung, Sonographie und Operation.....	55
IV.2.4. Analyse der Dauer des Krankenhausaufenthaltes im Vergleich mit der Anzahl der Sonographien.....	55
IV.3. Analyse der weiterführenden Diagnostik.....	56
V. Zusammenfassung.....	58
VI. Summary.....	60
VII. Literaturverzeichnis.....	61
<b>Anhang:</b>	
Eidesstattliche Erklärung.....	66
Danksagung.....	67
Lebenslauf.....	68

# I. Einleitung

## I.1. Problemstellung

Die akute Appendizitis bei Kindern ist schwierig zu diagnostizieren. Es zeigen sich in einem Drittel der Fälle atypische Verläufe [30, 50] und Perforationen in 36% [22]. Die akute Appendizitis ist der häufigste chirurgische Notfall im Kindesalter. Achtzig Prozent aller operativen Notfälle sind eine akute Appendizitis und diese Erkrankung ist der häufigste Grund für eine Laparotomie im Kindesalter.

Ziel der Studie ist es, Stellenwert und Qualität der Sonographie in der Diagnostik einer Appendizitis zu analysieren.

## I.2. Appendizitis

### Ätiologie und Pathogenese:

Die akute bakterielle Entzündung des Wurmfortsatzes beginnt in der Schleimhaut. Zu dem typischen Erregerspektrum gehören *Bacteroides fragilis*, anaerobe Streptokokken und Enterobakterien. Die auslösenden Faktoren sind im Einzelnen unbekannt, diskutiert werden eingeklemmte Kotsteine, Strangulationen oder Schwellungen der Lymphfollikel beziehungsweise der Schleimhaut mit Retention von Darminhalt [8, 9]. Durch die Obstruktion kommt es zu erhöhten intraluminalen Drücken, venöser Stauung in der Appendixwand, Thrombosen der Wandgefäße sowie zur nachfolgenden Infektion der Schleimhaut. Die Schleimhautentzündung breitet sich per continuitatem durch die Appendixwand aus und erreicht nach 48 Stunden die Serosa. Auch eine hämatogene oder lymphogene Ausbreitung ist möglich [8, 9].

### Epidemiologie:

Die akute Appendizitis kann prinzipiell in jedem Lebensalter auftreten, bevorzugt betroffen ist jedoch das männliche Geschlecht, wobei sich in der Altersgruppe der 10-15jährigen Patienten ein Häufigkeitsgipfel zeigt. Die derzeitige Inzidenz der Appendizitis in Europa/Amerika ist mit etwa 100 pro 100.000 Personenjahre anzusetzen, die Inzidenz einer Perforation liegt bei circa 20 pro 100.000 Personenjahre.

### Klinik:

Einer akuten Appendizitis gehen häufig relativ unspezifische Prodromalsymptome wie Appetitmangel, Abgeschlagenheit, Meteorismus und unbestimmte stechende Schmerzen in Form von leichten Koliken sowie Übelkeit voraus. Oft besteht vor Manifestation der akuten Appendizitis eine Obstipation, doch auch eine Gastroenteritis mit Diarrhoe kann am Anfang des Prozesses stehen.

Die typischen Initialsymptome einer akuten Appendizitis sind Bauchschmerzen, die sich anfangs meist in die Nabel- oder Magengegend lokalisieren und später dann in der Ileocoecalgend ihr Maximum erreichen. Dazu kommt häufig Übelkeit, die sich zum Teil bis zum Erbrechen steigern kann. Über dem Abdomen findet man eine allgemeine Druckempfindlichkeit, deren Zentrum meist dem McBurneyschen Punkt entspricht. Erhöhte Temperaturen lassen sich in einem Großteil der Fälle beobachten, wobei die axillo-rektale Temperaturdifferenz größer ein Grad Celsius ein wichtiger Hinweis für einen entzündlichen Vorgang ist.

Die Symptome können von Patient zu Patient sehr variieren, abhängig vom Grad der Entzündung und der Mitbeteiligung des Peritoneums.

### Stadien der Appendizitis:

Im Verlauf einer akuten Appendizitis lassen sich verschiedene pathologisch-anatomische Stadien abgrenzen [39]. Initial finden sich umschriebene Schleimhautnekrosen mit entzündlicher Umgebungsreaktion (appendizitischer Primäraffekt), bei bakterieller Keiminvasion können alle Wandschichten von Leukozyteninfiltraten durchsetzt werden (phlegmonöse Appendizitis). Durch Konfluenz und Vertiefung der Schleimhauterosionen

kann daraus die akute ulzero-phlegmonöse Appendizitis entstehen, die meist fließend in die akute abszedierende Appendizitis übergeht. Bei Fortschreiten der Keimbildung kommt es zu einer gangränösen Appendizitis, die dann in einer Perforation endet.

### Differentialdiagnosen:

Wichtige Differentialdiagnosen einer Appendizitis sind mesenteriale Lymphadenitis, Morbus Crohn, bakterielle Ileitis bzw. Colitis, rechtsseitige Divertikulitis, Meckel-Divertikulitis und Harnwegsinfektionen. Darüber hinaus sollte man bei Mädchen gynäkologische Erkrankungen ausschließen können.

### **Tabelle 1.** Differentialdiagnosen einer akuten Appendizitis:

#### Im Kindesalter:

1. Pseudoappendizitis bei Yersiniose
2. Influenza
3. Invagination
4. Gastroenteritis
5. Rechtsbasale Pneumonie
6. Komplizierte Inguinalhernie

### Bei Frauen:

1. Extrauterin gravidität
2. Stielgedrehte Ovarialzyste
3. Adnexitis
4. Normale Schwangerschaft
5. Follikelsprung

### Beim Erwachsenen:

1. Perforiertes peptisches Ulkus
2. Phlegmonöse Cholezystitis
3. Retroperitoneale Phlegmone
4. Akute Zystitis
5. Akute Sigmadivertikulitis
6. Inkomplette intestinale Obstruktion
7. Morbus Crohn
8. Ureterkolik
9. Überlaufblase
10. Darmwandhämatom bei Antikoagulanzen Therapie

### Therapie und Verlauf:

Therapie einer akuten Appendizitis ist die Appendektomie.

Obwohl die Mortalität in den letzten Jahrzehnten stark gesunken ist (Mortalitätsraten deutlich unter 1%) gibt es nach wie vor eine große Anzahl an Perforationen und negativen Appendektomien. Gegenstand vieler Studien war bisher die Klärung der Frage wie man diesem Problem beikommen kann. Hier tut sich eine Gratwanderung auf: Mit frühzeitiger chirurgischer Intervention lässt sich die Anzahl und das Risiko der Perforationen senken, mit verlängerter Beobachtung die Anzahl der negativen Appendektomien. Beide Strategien bergen Risiken in sich.

### I.3. Untersuchungsmethoden

Neben der klinischen Untersuchung wird in Europa heute vor allem die Sonographie zur Diagnosestellung einer akuten Appendizitis angewandt. Außer der Sonographie können auch mit Computertomographie oder Magnetresonanztomographie wichtige Erkenntnisse zur Diagnostik gewonnen werden.

In jedem Fall spielen auch hier die Kosten eine wichtige Rolle. Mit Ultraschall steht eine kostengünstige Möglichkeit zur Diagnosefindung zur Verfügung. Daher besteht ein großes Interesse darin, die Genauigkeit und den Nutzen der Sonographie zu erforschen und zu verbessern.

Um das Risiko von Perforationen und negativen Appendektomien zu vermindern, gilt es mit der Sonographie eine hohe Sensitivität sowie Spezifität zu erreichen.

### I.4. Literatur-Review

In vielen bisher bereits durchgeführten Studien zum Thema Sonographie in der Appendizitisdiagnostik liegt die Spezifität meist über 90%, die Sensitivität jedoch deutlich niedriger zwischen 70 und 95%, je nach Gerät, Untersuchererfahrung und Anzahl der Kontrollen.

Karakas und Mitarbeiter veröffentlichten 2000 [28] eine retrospektive Studie über den Vergleich der klinischen Untersuchung einer akuten Appendizitis mit Ultraschall- oder CT-Untersuchung. Sie werteten die Daten von 633 Kindern und jungen Erwachsenen (maximal 20 Jahre alt) aus, die notfallmäßig mit Verdacht auf akute Appendizitis eingewiesen wurden. Ein Teil dieser Patienten (270) wurde rein durch klinische Untersuchung einer Operation zugeführt, ein Teil erhielt Ultraschall (182), ein Teil CT-Untersuchung (119) und ein Teil wurde mit Ultraschall als auch mit CT untersucht (59). Ultraschall als auch CT waren der rein klinischen Untersuchung überlegen, die Ultraschalldiagnostik erreichte eine Sensitivität von 74% und eine Spezifität von 94%. Durch eine zusätzliche CT-Untersuchung verbesserte sich die Sensitivität auf 84% und die Spezifität auf 99%.

Auch Beyer und Mitarbeiter hatten 1993 [5] in einer groß angelegten prospektiven Studie über fünf Jahre an 2074 Patienten den diagnostischen Wert der Ultraschalluntersuchung bei Verdacht auf akute Appendizitis untersucht. In den Ergebnissen der Studie wird die Sensitivität der Sonographie mit 91% angegeben, die Spezifität liegt bei 98%.

Im direkten Vergleich dieser Studien ist zu beachten, dass mit einer prospektiv angelegten Studie durch die bessere Konzipierung höhere Werte für Sensitivität und Spezifität erreicht werden können als in einer retrospektiven Studie.

### **I.5. Zielsetzung**

Qualitätskontrolle und Qualitätsmanagement spielen inzwischen eine große Rolle und dienen sowohl der Kostenoptimierung als auch der Sicherstellung der bestmöglichen Versorgung des Patienten. Leitlinien können in diesem Zusammenhang eine Hilfe sein.

Ziel dieser Studie war es, retrospektiv den diagnostischen Ablauf der bisher durchgeführten Appendizitis-Diagnostik in der Kinderradiologie am Universitätsklinikum Gießen zu beleuchten. Es sollte sowohl analysiert werden, wie exakt die Sonographie zur Diagnosefindung beitragen konnte und wie ihr Einfluss auf den klinischen Verlauf war, als auch diskutiert werden, ob das diagnostische Vorgehen bei Verdacht auf Appendizitis sinnvoll ist oder im Rahmen eines Qualitätsmanagements nach bestimmten bereits bestehenden Richtlinien verbessert werden könnte.

## II. Material und Methode

### II.1. Untersuchtes Patientenkollektiv und Auswahlkriterien

Die Akten von 1791 Patienten, die in der Kinderradiologie Gießen im Zeitraum 2002-2003 aufgrund von abdominellen Beschwerden mit Verdacht auf Appendizitis eine Sonographie erhielten, wurden retrospektiv untersucht. Von diesen 1791 Patienten konnte bei 769 Patienten eine lückenlose Auswertung erfolgen, bei 1022 Patienten enthielt die Dokumentation nicht alle Informationen, so dass diese in Teilaspekten ausgewertet wurden. Die Altersspanne der Patienten reichte von einem vier Wochen alten Säugling bis zu einem 32 Jahre alten Patienten.

Der Altersdurchschnitt lag bei 7,8 Jahren.

Von den 769 untersuchten Kindern waren 398 Mädchen und 371 Jungen.

Die Akten wurden dann in die Auswertung einbezogen, wenn in dem Anforderungsformular zur Sonographie Verdacht auf Appendizitis, akutes Abdomen oder akute rechtsseitige Bauchschmerzen vermerkt waren.

Anhand eines umfassenden Fragebogens wurde der Diagnostik- und Krankheitsverlauf ausgewertet.

## II.2. Konzept des Fragebogens

### Voruntersuchung:

Datum und Untersuchungsort einer eventuellen Voruntersuchung außerhalb der Kinderklinik Gießen wurden vermerkt.

### Körperliche Aufnahmeuntersuchung:

Alter, Datum und Uhrzeit der Aufnahme und Vorerkrankungen wurden notiert.

Die klinische Ersteinschätzung bei der Aufnahmeuntersuchung wird durch Erfassung folgender Symptome und Parameter dargestellt:

- Fieber (Angabe in °C, wenn >38°C)
- Axillo-rektale Temperaturdifferenz >1°C?
- Loslassschmerz?
- Druckschmerz im Unterbauch?
- Druckschmerz am McBurney-Punkt?
- Druckschmerz am Lanz-Punkt?
- Übelkeit oder Erbrechen?
- Urin-Status pathologisch?
- Leukozytenzahl?
- CRP-Wert?
- Sind die Laborwerte mit einer Appendizitis vereinbar?
- Welche Aufnahmediagnose wurde angegeben?
- Wurde die Aufnahmediagnose Appendizitis gestellt?

Es sollte zusätzlich evaluiert werden, wie gut die Dokumentation dieser Untersuchungsergebnisse erfolgte. Das heißt, bei fehlendem Eintrag wurde dies als „nicht dokumentiert“ in die Studie aufgenommen.

In anderen Studien wurde die klinische Wahrscheinlichkeit für eine Appendizitis mit Hilfe des Alvarado-Scores ermittelt. Auch van den Broek et al. plädieren für eine Anwendung eines Score-Systems [47]. Dies ist bei einer retrospektiven Studie nicht möglich, da nicht immer alle für diesen Score relevanten Parameter dokumentiert wurden.

### Diagnostik:

Wurden noch andere Bildgebende Verfahren angewendet, zum Beispiel CT, MRT oder Röntgen?

### Ultraschalluntersuchung:

#### Organisation:

- Latenz zwischen Aufnahme und erster Ultraschalluntersuchung
- Datum der ersten Sonographie
- Uhrzeit der Untersuchung?
- Anforderer der Untersuchung bzw. Überweiser
- Welche Fragestellung wurde von dem anfordernden Arzt zur Untersuchung formuliert?

#### Befund:

- Appendix darstellbar?
- Sonographische Untersuchung erschwert? Wenn ja, aus welchen Gründen?
- Peritoneale Reaktion?
- Kann die Verdachtsdiagnose akute Appendizitis sicher diagnostiziert werden, sicher ausgeschlossen werden oder ist keine sichere Diagnose möglich?
- Verdacht auf Perforation?
- Wurde eine andere Pathologie bei der Sonographie gefunden?

Alle folgenden Sonographien, die im Rahmen von Verlaufskontrollen erfolgten, wurden nach den gleichen Kriterien ausgewertet. Maximal wurden sechs Sonographien ausgewertet. Auch der zeitliche Abstand zwischen Erst- und Folgeuntersuchungen wurde miterfasst.

### Appendektomie:

Diese Gruppe betraf die Kinder, die aufgrund des Verdachts auf Appendizitis einer Operation zugeführt wurden und umfasste folgende Angaben:

### Organisation:

- Anzahl der Sonographien bis zur Diagnosestellung
- Welche Ärzte hatten die Sonographie durchgeführt?
- Datum der Operation
- Uhrzeit der Operation
- Latenzzeit zwischen der Ultraschalluntersuchung und der Operation
- Dauer des Krankenhausaufenthaltes

### Diagnose und Befund:

- Wurde der Verdacht auf Appendizitis bestätigt?
- Intra- oder postoperative Komplikationen
- Histopathologischer Befund
- Entlassungsdiagnose
- Dauer des Krankenhausaufenthalts

## **II.3. Verwendete Geräte**

Die im entsprechenden Zeitraum der Studie genutzten Ultraschallgeräte in der Abteilung Kinderradiologie Gießen waren ADVANCED und ELEGRA von Siemens.

Als Schallköpfe kamen Linear-/ Trapez-Array mit einer Frequenz von 7,5 bis 9,0 MHz und Curved-Array mit einer Frequenz von 3,5 bis 5,0 MHz zum Einsatz.

## **II.4. Methode und physikalische Grundlagen der angewendeten Ultraschalluntersuchung**

Die angewandte Untersuchungstechnik entspricht der „graded compression Technik“, beschrieben von Puylaert [36, 35].

Unter „graded compression Technik“ versteht man die Ultraschalluntersuchung des Abdomens, insbesondere des rechten unteren Quadranten unter zunehmendem Druck des Schallkopfes auf das Abdomen, wobei der Druck nicht stärker sein sollte als bei einer vorsichtig durchgeführten manuellen Palpation.

Der Druck während der Untersuchung ist aus verschiedenen Gründen notwendig:

- um Darmschlingen und deren Inhalt (Stuhl, Luft) zu verschieben, beziehungsweise zu komprimieren;
- um die Distanz zwischen Schallkopf und Zielorgan zu verringern, was besonders für die Untersuchung mit höheren Frequenzen von Bedeutung ist;
- um die Festigkeit der untersuchten Strukturen beurteilen zu können. So kann man normales, weiches, verschiebliches Bauchfett von festem, entzündlichem Gewebe unterscheiden.

Neben der Untersuchung der Ileozökalregion sollte das gesamte Abdomen sorgfältig untersucht werden, um freie Luft, mesenteriale Lymphknoten oder andere pathologische Strukturen nicht zu übersehen.

In letzter Zeit wurde zur Steigerung von Bildqualität, Kontrast und Beurteilbarkeit der Bilder häufig die THI-Sonographie verwandt (Tissue Harmonic Imaging = THI). Auch in der Kinderradiologie Gießen wurde diese Methode zur Untersuchung des Patientenkollektivs dieser Studie genutzt.

Beim THI wird kein Kontrastmittel verwendet. Zur Bildgebung wird – zum Beispiel durch Phaseninversionstechnik – der nichtlineare Schwingungsanteil der im Gewebe entstehenden Echos genutzt. Diese Technik erbringt eine wesentliche Verbesserung der B-Bild-Diagnostik, weil der nichtlineare Schwingungsanteil erst vor Ort, also in der Tiefe entsteht. Hierdurch wird die Schallstreuung, zum Beispiel an der Bauchwand, vermieden und die Auswirkungen von Nebenkeulen werden vermindert. Die Bilder erscheinen wesentlich weniger verrauscht, der Kontrast ist erhöht und echoleere Strukturen stellen sich deutlich frei von Streuechos dar.

Die Methode stößt infolge der niedrigen Amplitude der nichtlinearen Frequenzanteile vor allem dort an ihre Grenzen, wo eine starke Absorption vorliegt, also in großer Tiefe. Auch im absoluten Nahfeld ist der Zugewinn gering, weil sich hier der nichtlineare Schwingungsanteil noch nicht aufgebaut hat.

Auch durch die Einführung der farbkodierten Dopplersonographie in die Untersuchungsmethode ergeben sich zum Teil bessere Darstellungsmöglichkeiten der entzündeten Appendix [37].

Während der Untersuchung kann man zunächst durch sanften Druck den Punkt des maximalen Schmerzes aufsuchen, dadurch werden auch übergelagerte Darmschlingen zur Seite geschoben.

In den nachfolgenden Tabellen werden die sonomorphologischen Kriterien der normalen und der entzündeten Appendix dargestellt [39, 43, 48].

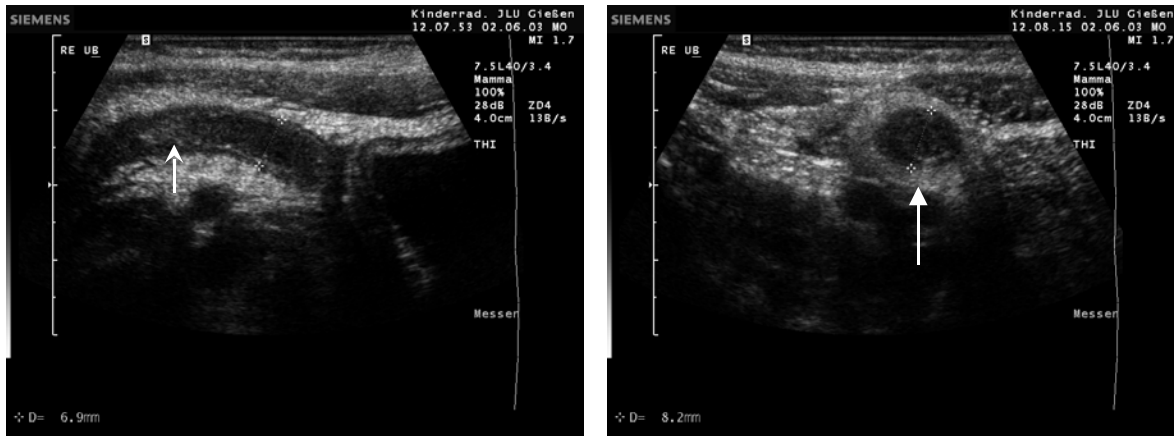
**Tabelle 2.** Sonomorphologische Kriterien der normalen Appendix:

1. Der Maximaldurchmesser der normalen Appendix beträgt 6mm
2. Oft als kleine Kokarde aus echoarmem Ring und echodichtem Zentrum zu erkennen
3. Kein Nachweis eines Appendikolithen
4. Intraluminale Peristaltik vorhanden
5. Kompressibilität
6. Mit echoreich erscheinendem Fett umgeben

**Tabelle 3.** Die akut entzündlich veränderte Appendix zeichnet sich durch folgende Kriterien aus:

1. Schwellung mit targetförmigem Querschnitt (Durchmesser >6 mm), sog. Kokarden oder Schießscheibenphänomen.  
Typische sonographische Kennzeichen sind hier:
  - Echoarmes, aufgeweitetes Lumen durch das entzündliche Exsudat
  - Echoreiche Schleimhautschwellung mit der Darstellung von Mukosa und Submukosa
  - Echoarme, entzündlich geschwollene Muscularis externa
  - Echoreiches äußeres Reflexband (Serosa)
2. Abgrenzbarkeit von anderen Darmabschnitten durch fehlende Peristaltik und Kompressibilität
3. Appendixsteine (Koprolithen): Darstellung als intraluminale, echoreiche Struktur mit Schallschatten
4. Blind endende tubuläre mehrschichtige Struktur (Sandwich-Phänomen)

Infolge der entzündlichen Umgebungsreaktion einer Appendizitis stellt sich der umliegende Raum echodicht dar, sodass sich die Appendix echoarm abhebt. Je nach Stadium findet sich zusätzlich auch lokal Aszites oder ein perityphlitischer Abszess.



**Abbildung 1 a, b**

Hochgradig floride Appendizitis. Appendix stuhlförmig. (↑)

Echoreiche Umgebungsreaktion und „Schießscheibenphänomen“. (↑)

## II.5. Weiterführende Diagnostik

In unklaren Fällen wurde die Sonographie zum Teil mehrmals wiederholt. Als Gründe dafür lagen häufig Obstipation oder Meteorismus vor, nach entsprechenden abführenden Maßnahmen oder Gabe von Simeticon beziehungsweise Dimeticon waren dann oft bessere Untersuchungsbedingungen gegeben.

In Einzelfällen wurde eine Magnetresonanztomographie oder eine Computertomographie des Abdomens ergänzend veranlasst.

Außerdem führten die Radiologen in einigen Fällen mit akuten Bauchschmerzen eine Röntgenuntersuchung des Abdomens durch.

Für spezielle Fragestellungen stand die Magnetresonanztomographie des Abdomens zur Verfügung.



**Abbildung 2**

Spiegelbildung bei Zustand nach perforierter Appendizitis in einer stehenden Röntgen-Abdomenübersichtsaufnahme.

## III. Ergebnisse

### III.1. Häufigkeitsverteilungen und Epidemiologie

Im Rahmen dieser Arbeit wurden in einem Zeitraum von 24 Monaten in der Kinderradiologie Gießen mit Verdacht auf Appendizitis sonographisch untersuchte Kinder berücksichtigt.

Die Anzahl der in die Studie einbezogenen Akten betrug 1791, davon konnten 769 Patientenfälle detailliert und lückenlos ausgewertet werden. Bei den restlichen Akten war die Dokumentation zum Teil unvollständig, hier wurde eine Teilauswertung vorgenommen.

Von den 769 untersuchten Patientenfällen wurden 82 Kinder einer Appendektomie zugeführt, davon wurde in 69 Fällen (84,1%) die Appendizitis histopathologisch bestätigt, in neun Fällen (11,0%) widerlegt und in 4 Fällen (4,9%) konnte histopathologisch keine eindeutige Diagnose gestellt werden.

Von den 769 Kindern waren 398 Mädchen und 371 Jungen, der jüngste Patient war vier Wochen alt, der älteste Patient hatte ein Alter von 32 Jahren. Der Altersdurchschnitt der untersuchten Kinder lag bei 7,8 Jahren.

Bei 59 Kindern konnte eine Appendizitis richtig positiv durch den untersuchenden Radiologen diagnostiziert werden, in 371 Fällen konnte eine Appendizitis hingegen richtig negativ ausgeschlossen werden und in 329 Fällen konnte keine klare Diagnose durch die Sonographie alleine gestellt werden. In einem Fall wurde bei der Sonographie eine falsch negative und in neun Fällen eine falsch positive Aussage getroffen.

Im Falle eines sonographischen Ausschlusses einer Appendizitis wurden stattdessen häufig andere Erkrankungen mit Ultraschall diagnostiziert, am häufigsten fanden sich hier Gastroenteritis, Lymphadenitis mesenterialis und Splenomegalie.

## III.2. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse des Fragebogens

### III.2.1. Fragestellungen an den Radiologen

Auf dem Anforderungsbogen zur Sonographie, der von den behandelnden Ärzten auf Station oder in der Ambulanz ausgefüllt wird, werden gezielte Fragestellungen, Verdachtsdiagnosen und Symptome der erkrankten Kinder aufgeführt. Diese Angaben sollen im Folgenden nach Häufigkeitsverteilung und Anzahl der Sonographien dargestellt werden.

Es wurde ausgewertet, welche Fragestellungen bei der ersten Sonographie aufgeführt wurden, beziehungsweise welche Symptome bei den Patienten wie oft auftraten.

**Tabelle 4.** Häufigkeiten der Fragestellungen / Symptome bei der ersten Sonographie (n=769)

Fragestellung / Symptome	Häufigkeit in %	Absolute Patientenzahl
Akute Bauchschmerzen	54,4%	418
Chronische Bauchschmerzen	9,8%	75
Bauchschmerzen im rechten Unterbauch	16,9%	130
Druckschmerz im rechten Unterbauch, Druckschmerz Mc Burney	17,7%	136
Erbrechen	12,7%	98
Durchfall	6,8%	52
Fieber	13,9%	107
Verdacht auf Gastroenteritis	9,4%	72
Verdacht auf Appendizitis	45,5%	350
Invagination	5,3%	41
Freie Flüssigkeit	8,8%	68
Pathologische Darmstrukturen	3,9%	30
Obstipation	4,8%	37
Ileus / Subileus	1,4%	11
Raumforderung	0,9%	7
Darmwandverdickungen	3,4%	26
Vergrösserte oder vermehrte Lymphknoten	3,3%	25
Direkte Überweisung vom Hausarzt oder niedergelassenem Kinderarzt	2,9%	22

**Tabelle 5.** Häufigkeiten der Fragestellungen / Symptome bei der zweiten Sonographie  
(n=160)

Fragestellung / Symptome	Häufigkeit in %	Absolute Patientenzahl
Akute Bauchschmerzen	35%	56
Chronische Bauchschmerzen	2,5%	4
Bauchschmerzen im rechten Unterbauch	6,3%	10
Druckschmerz im rechten Unterbauch, Druckschmerz Mc Burney	5,6%	9
Erbrechen	3,1%	5
Durchfall	1,3%	2
Fieber	8,1%	13
Kontrolle	3,8%	6
Verdacht auf Gastroenteritis	3,1%	5
Verdacht auf Appendizitis	26,3%	42
Invagination	1,3%	2
Freie Flüssigkeit	1,3%	2
Pathologische Darmstrukturen	0,6%	1
Obstipation	0,6%	1
Ileus / Subileus	0%	0
Raumforderung	0%	0
Darmwandverdickungen	0,6%	1
Vergrößerte oder vermehrte Lymphknoten	0,6%	1

**Tabelle 6.** Häufigkeiten der Fragestellungen / Symptome bei der dritten Sonographie (n=29)

Fragestellung / Symptome	Häufigkeit in %	Absolute Patientenzahl
Akute Bauchschmerzen	51,7%	15
Chronische Bauchschmerzen	3,4%	1
Bauchschmerzen im rechten Unterbauch	0%	0
Druckschmerz im rechten Unterbauch, Druckschmerz Mc Burney	3,4%	1
Erbrechen	0%	0
Durchfall	0%	0
Fieber	3,4%	1
Kontrolle	3,4%	1
Verdacht auf Gastroenteritis	10,3%	3
Verdacht auf Appendizitis	17,2%	5
Invagination	0%	0
Freie Flüssigkeit	0%	0
Pathologische Darmstrukturen	0%	0
Obstipation	3,4%	1
Ileus / Subileus	0%	0
Raumforderung	0%	0
Darmwandverdickungen	0%	0
Vergrößerte oder vermehrte Lymphknoten	3,4%	1

**Tabelle 7.** Häufigkeiten der Fragestellungen / Symptome bei der vierten Sonographie (n=12)

Fragestellung / Symptome	Absolute Patientenzahl
Akute Bauchschmerzen	3
Chronische Bauchschmerzen	2
Kontrolle	2
Verdacht auf Gastroenteritis	2
Verdacht auf Appendizitis	2
Invagination	1

**Tabelle 8.** Häufigkeiten der Fragestellungen / Symptome bei der fünften Sonographie

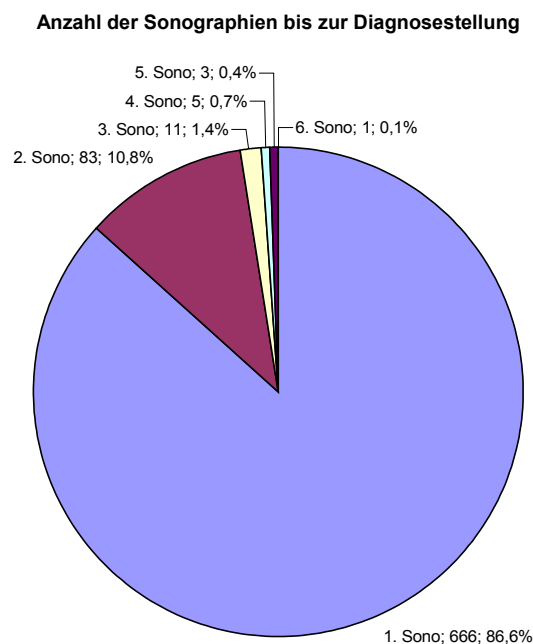
Fragestellung / Symptome	Absolute Patientenzahl
Akute Bauchschmerzen	2

**Tabelle 9.** Häufigkeiten der Fragestellungen / Symptome bei der sechsten Sonographie

Fragestellung	Absolute Patientenzahl
Kontrolle	1

### III.2.2. Anzahl der benötigten Sonographien bis zur Diagnosestellung

Im Rahmen des Fragebogens wurde ebenso erfasst, wie oft die Patienten während ihres Klinikaufenthaltes sonographiert wurden, um zu einer Diagnose bezüglich ihrer Bauchschmerz-Symptomatik zu gelangen. Die Anzahl der dafür benötigten Ultraschalluntersuchungen zeigt die Abbildung Nr.3.



**Abbildung Nr.3:** Anzahl der Sonographien bis zur Diagnosestellung.

Die Abbildung zeigt die absolute Patientenzahl und nach dem Semikolon die Prozentzahl der maximal benötigten Sonographien bis zur Festlegung einer Diagnose.

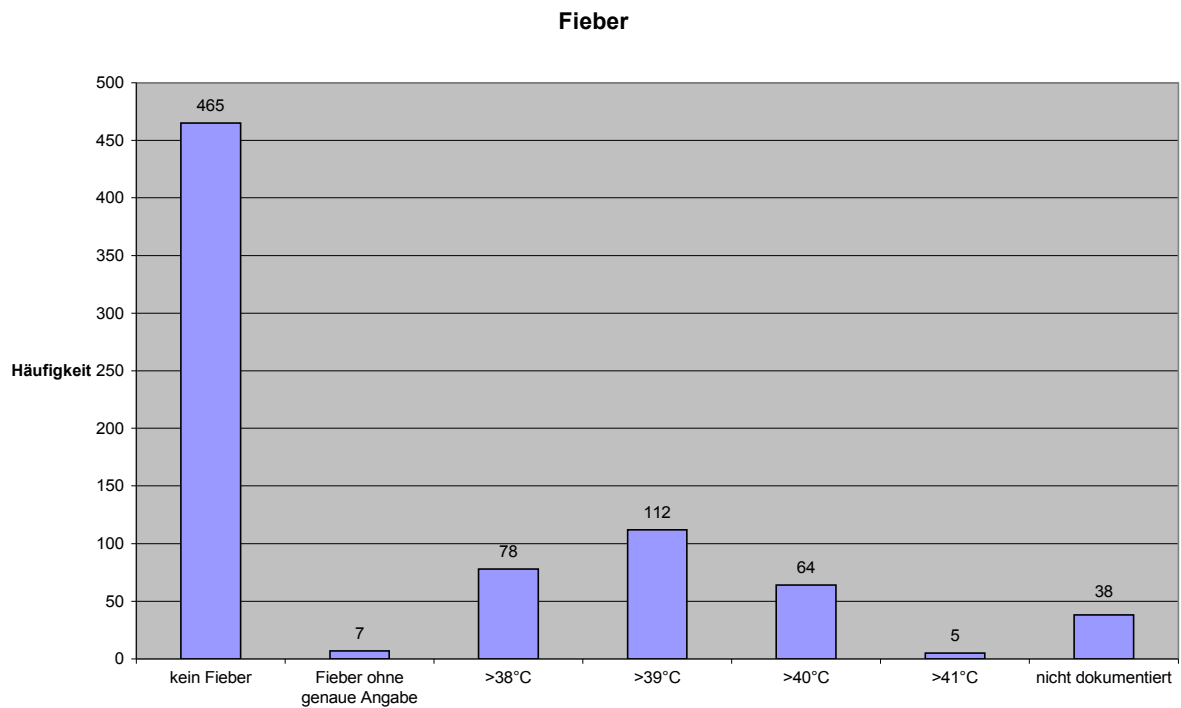
Hieraus ist ersichtlich, dass 666 Patienten (86,6%) lediglich einer Sonographie bedurften, um eine eindeutige Diagnose finden zu können. Eine zweite Untersuchung benötigten noch 83 von 769 Patienten. Somit waren in 97,4% der Fälle zwei Sonographien ausreichend. Lediglich elf Patienten erhielten eine dritte Untersuchung, fünf Patienten eine vierte Untersuchung, drei Patienten eine fünfte Untersuchung und nur in einem Fall wurde eine sechste Kontrolle durchgeführt.

### III.2.3. Klinische Untersuchung

Anhand des Fragebogens wurde die Gründlichkeit der klinischen Untersuchung der Kinder mit Bauchschmerzsymptomatik bei Aufnahme evaluiert. Darüber hinaus sollte festgestellt werden, welche Symptome zu Beginn erfasst wurden oder während der körperlichen Untersuchung auftraten.

Zusätzlich wurde in der Studie die Qualität der Dokumentation der Aufnahmeuntersuchung ausgewertet, um festzustellen, welche Untersuchungsergebnisse nicht oder unzureichend festgehalten waren.

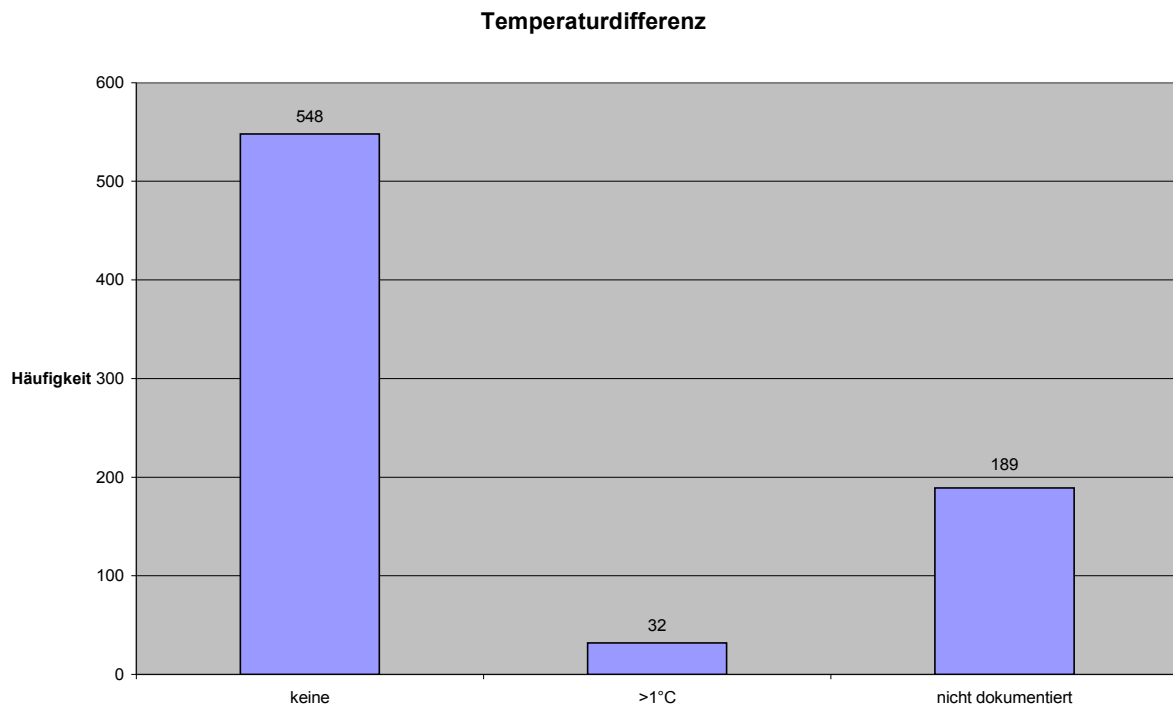
Bei der klinischen Untersuchung eines Kindes mit Verdacht auf Appendizitis gibt es einige charakteristische diagnostische Merkmale, die überprüft werden sollten. In dieser Arbeit wurden folgende Merkmale in die Untersuchung einbezogen: Fieber  $>38,5^{\circ}\text{C}$  beziehungsweise Temperatur sollte erfasst sein, insbesondere eine eventuelle axillo-rektale Temperaturdifferenz  $>1^{\circ}\text{C}$ . An typischen Druckpunkten sollte auf einen kontralateralen Loslassschmerz, diffusen Druckschmerz im Unterbauch, Druckschmerz am so genannten McBurney-Punkt sowie auf Druckschmerz am Lanz-Punkt geachtet werden. Auch sollten die Kinder nach Erbrechen und Übelkeit befragt werden. Außerdem hat man bei den Kindern, die einer Blutentnahme unterzogen wurden, die Höhe eines eventuellen CRP-Anstiegs und die Leukozytenzahl ermittelt. Der CRP-Anstieg wurde dabei in vier Klassen unterteilt. Zu einer gründlichen Untersuchung eines Kindes mit akuter Bauchschmerzsymptomatik gehört eine Teststreifenuntersuchung des Urins, um einen Harnwegsinfekt feststellen zu können.



**Abbildung Nr. 4:** Körpertemperatur bei der Aufnahmeuntersuchung (n=769).

**Tabelle 10.** Körpertemperatur bei der Aufnahmeuntersuchung.

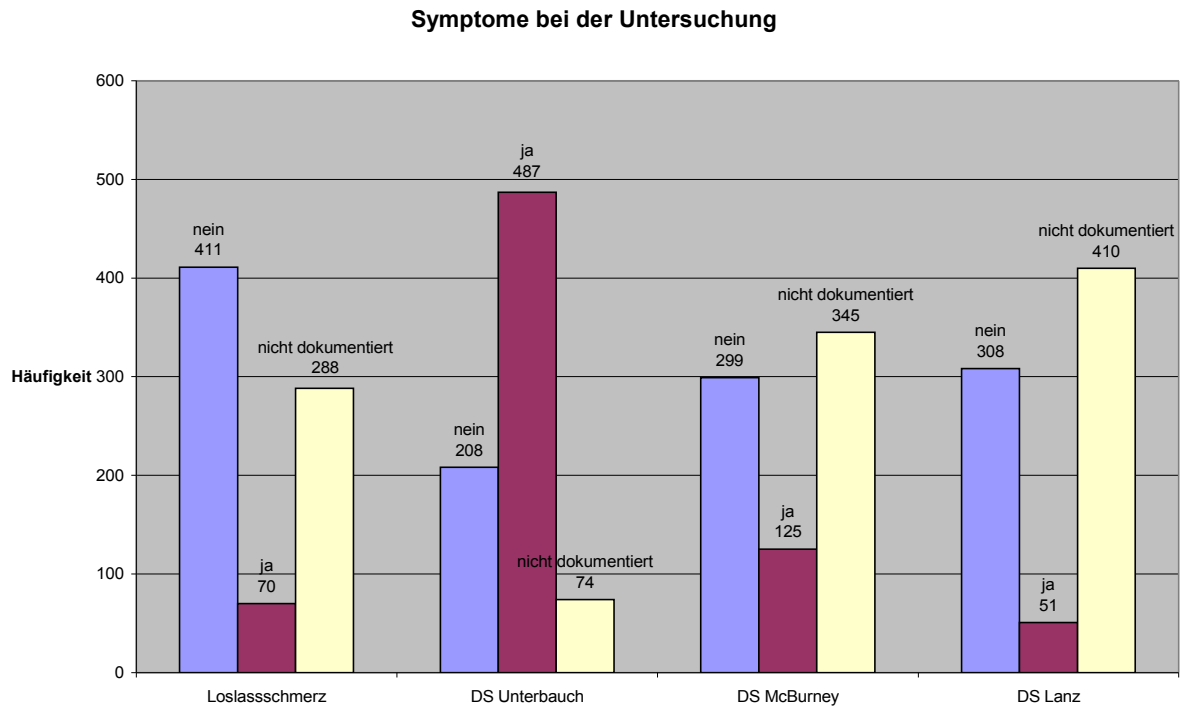
	n	kein Fieber	Fieber ohne genaue Angabe	> 38°C	> 39°C	> 40°C	> 41°C	nicht dokumentiert
Häufigkeit absolut	769	465	7	78	112	64	5	38
in Prozent		60,5%	0,9%	10,1%	14,6%	8,3%	0,7%	4,9%



**Abbildung Nr. 5:** Axillo-rektale Temperaturdifferenz (n=769).

**Tabelle 11.** Axillo-rektale Temperaturdifferenz.

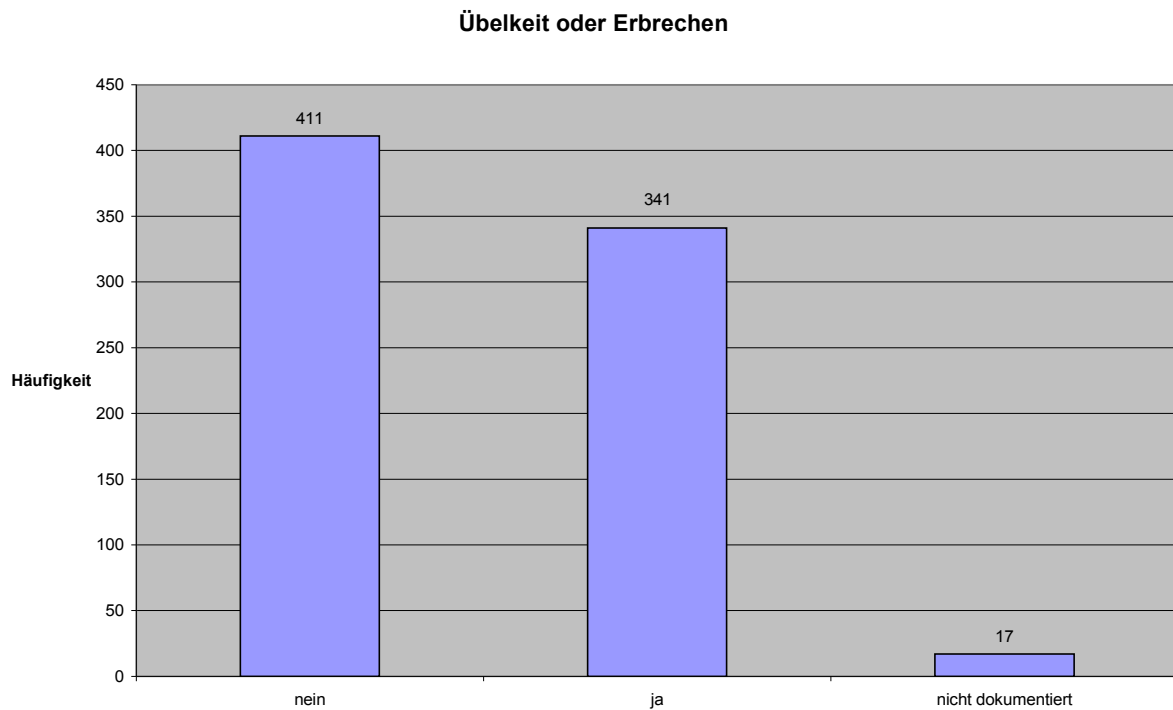
	n	keine signifikante Temperaturdifferenz	> 1°C	nicht dokumentiert
Häufigkeit absolut	769	548	32	189
in Prozent		71,3%	4,2%	24,6%



**Abbildung Nr. 6:** Häufigkeitsverteilung der Symptome bei der Untersuchung (n=769).

**Tabelle 12.** Häufigkeitsverteilung der Symptome bei der Untersuchung.

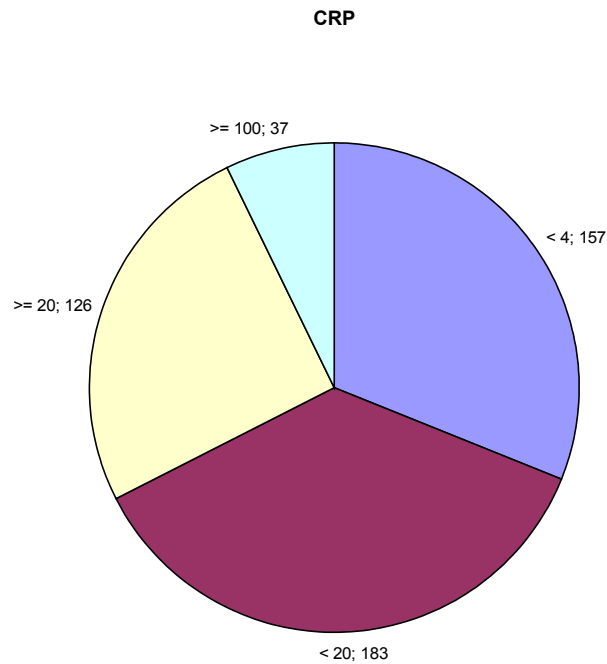
Häufigkeit (in %)	Loslassschmerz	Druckschmerz Unterbauch	Druckschmerz McBurney	Druckschmerz Lanz
nein	411 (53,4%)	208 (27,0%)	299 (38,9%)	308 (40,1%)
ja	70 (9,1%)	487 (63,3%)	125 (16,3%)	51 (6,6%)
nicht dokumentiert	288 (37,5%)	74 (9,6%)	345 (44,9%)	410 (53,3%)
n=769				



**Abbildung Nr. 7:** Übelkeit oder Erbrechen bei der Aufnahmeuntersuchung (n=769).

**Tabelle 13.** Übelkeit oder Erbrechen bei der Aufnahmeuntersuchung.

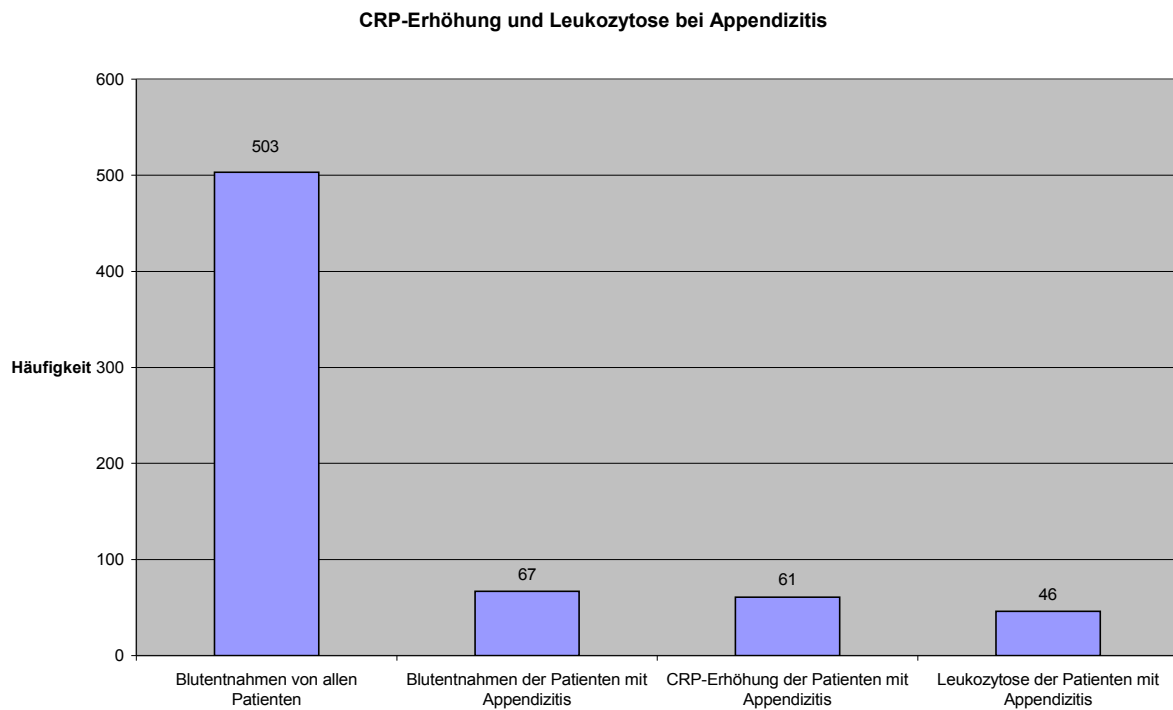
Übelkeit oder Erbrechen	Häufigkeit absolut	in Prozent
nein	411	53,4%
ja	341	44,3%
nicht dokumentiert	17	2,2%
n	769	



**Abbildung Nr. 8:** Einteilung des CRP-Wertes in vier Klassen, bezogen auf die Patienten, bei denen eine Blutentnahme durchgeführt wurde (n=503).

**Tabelle 14.** Einteilung des CRP-Wertes in vier Klassen, bezogen auf die Patienten, bei denen eine Blutentnahme (BE) durchgeführt wurde.

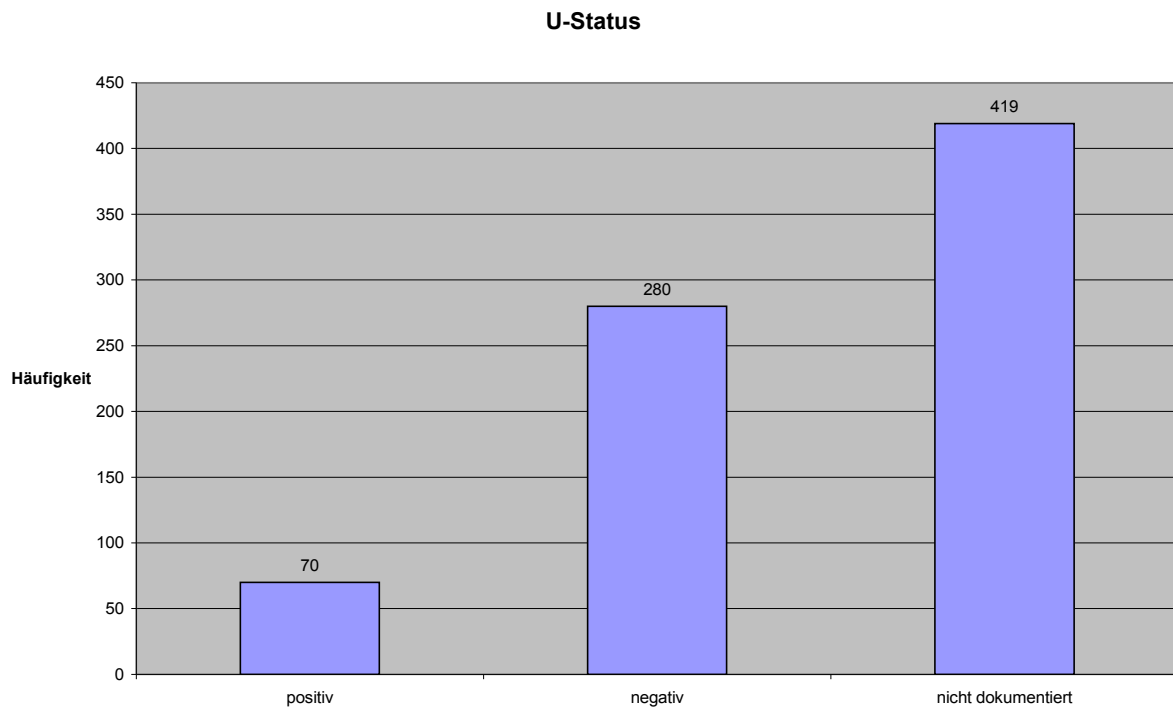
CRP (mg/dl)	< 4	< 20	>= 20	>= 100
Häufigkeit absolut	157	183	126	37
in Prozent	31,2%	36,4%	25,0%	7,4%
n=503				
ohne BE: 266				



**Abbildung Nr. 9:** Gesamte Anzahl der Blutentnahmen von allen Patienten (n=769), der Patienten mit Appendizitis (n=69); CRP-Erhöhung und Leukozytose der Patienten mit Appendizitis.

**Tabelle 15.** Gesamte Anzahl der Blutentnahmen von allen Patienten (n=769), der Patienten mit Appendizitis (n=69); CRP-Erhöhung und Leukozytose der Patienten mit Appendizitis.

	Häufigkeit absolut	In Prozent
Blutentnahmen von allen Patienten	503	65,4%
Blutentnahmen der Patienten mit Appendizitis	67	97,1%
CRP-Erhöhung der Patienten mit Appendizitis	61	88,4%
Leukozytose der Patienten mit Appendizitis	46	66,7%



**Abbildung Nr. 10:** Wie oft spricht das Ergebnis der Urinteststreifenuntersuchung für einen Harnwegsinfekt? (n=769)

**Tabelle 16.** Wie oft spricht das Ergebnis der Urinteststreifenuntersuchung für einen Harnwegsinfekt?

U-Status	Häufigkeit absolut	in Prozent
positiv	70	9,1%
negativ	280	36,4%
nicht dokumentiert	419	54,5%
n=769		

Während der klinischen Untersuchung konnte bei der Mehrzahl der Kinder (63,3%) ein Druckschmerz im Unterbauch festgestellt werden, die typischen Druckschmerzpunkte wie McBurney, Lanz oder der kontralaterale Loslassschmerz hingegen waren in der Mehrzahl der Fälle nicht positiv oder nicht dokumentiert.

Fieber konnte bei 34,6% der Patienten beobachtet werden, die am häufigsten ermittelte Temperatur lag bei 39°C. Eine Temperaturdifferenz  $> 1^{\circ}\text{C}$  hatten nur wenige Kinder (4,2%), bei rund einem Viertel der Probanden wurde dieser Parameter nicht erhoben oder nicht in der Akte notiert.

Symptome wie Übelkeit oder Erbrechen wurden bei 44,3% der Kinder beschrieben.

Eine Blutuntersuchung wurde bei 65,4% der Kinder durchgeführt, 68,8% dieser Patienten wiesen einen CRP-Anstieg auf, 38,2% hatten eine erhöhte Leukozytenanzahl.

Auf eine Untersuchung des Urins wurde meist verzichtet, doch in etwa 9% der Fälle konnte damit ein Harnwegsinfekt diagnostiziert werden.

### **III.2.4. Ergebnisse der Sonographien**

Bei denen zur Ultraschalluntersuchung vorgestellten Patienten mit Bauchschmerzen beinhaltete die Indikationsstellung stets die Frage, ob eine akute Appendizitis vorlag oder nicht. Damit war das Ziel der Radiologen, eine Appendizitis auszuschließen oder zu bestätigen. Für diese Feststellung bedurften die Patienten einer unterschiedlichen Anzahl von Sonographien.

Bei der ersten Sonographie konnte in 358 Fällen (46,6%) die Verdachtsdiagnose Appendizitis sicher widerlegt werden, in 55 Fällen (7,2%) konnte eine Appendizitis nachgewiesen werden und bei 356 Patienten (46,3%) konnte zu diesem Zeitpunkt noch keine eindeutige Aussage getroffen werden.

Häufig lässt sich im Rahmen entzündlicher Prozesse im Abdomen eine peritoneale Reaktion nachweisen, auch bei einer fortgeschrittenen Appendizitis ist dies häufig der Fall. Insgesamt wurde bei der ersten Sonographie bei 64 Kindern eine peritoneale Reaktion nachgewiesen, obwohl man nur bei 55 Kindern sicher eine Appendizitis diagnostizieren konnte. Dies spricht dafür, dass in den restlichen Fällen andere Entzündungsprozesse vorgelegen haben können oder eine entzündete Appendix trotz Appendizitis nicht dargestellt werden konnte.

Auch bei einer perforierten Appendizitis lässt sich oft lediglich eine peritoneale Reaktion in der Sonographie erkennen.

Durch erschwerte Untersuchungsbedingungen oder abnorme Lage war es nicht immer möglich, die Appendix als Struktur sicher darzustellen und zu identifizieren. In einer Mehrzahl der Fälle – bei 440 Patienten (57,2%) gelang es jedoch, die Appendix eindeutig

darzustellen, bei 303 Patienten (39,4%) war dies nicht möglich und in 26 Fällen (3,4%) wurde dazu im radiologischen Untersuchungsbefund keine klare Aussage getroffen.

### **III.2.5. Veränderung der Sonographiebefunde bei Kontrolluntersuchungen, Spezifität und Sensitivität der Sonographie**

Bei den Kindern, die mit Verdacht auf Appendizitis in der Uniklinik Gießen operiert wurden, bestätigte sich die Verdachtsdiagnose nicht immer. In diesen Fällen konnte man retrospektiv anhand des histopathologischen Befundes eine Appendizitis ausschließen.

In dem folgenden Teil der Auswertung sind ausschließlich Kinder einbezogen, die während ihres Krankenhaus-Aufenthaltes mehreren Sono-Untersuchungen unterzogen wurden und bei denen keine akute Appendizitis vorlag.

Es wird betrachtet, wie sich die radiologischen Befunde im Laufe der Sonographien veränderten.

So ist bei einem Kind in der ersten Untersuchung durch den Radiologen eine Appendizitis als sicher diagnostiziert worden, was dann in einer Kontroll-Sonographie widerlegt und sicher ausgeschlossen wurde.

In diesem Fall wurde also eine falsch positive Diagnose richtigerweise rückgängig gemacht, indem man die Untersuchung wiederholte.

Außerdem konnte die Veränderung der Sonoergebnisse im Laufe mehrerer Untersuchungen für die Patientengruppe mit histologisch bestätigter Appendizitis dargestellt werden.

Hier wurde bei einem Kind in der ersten Untersuchung eine Appendizitis festgestellt, in einer darauf folgenden Untersuchung konnte der Radiologe keinen Hinweis mehr für eine Appendizitis finden.

Im Gegensatz dazu konnte bei einem anderen Kind, bei dem in der ersten Sonographie eine Appendizitis sicher ausgeschlossen wurde, dann doch noch in einer Kontrollsonographie die richtige Diagnose Appendizitis gestellt werden.

Durch die wiederholten Sonographien konnte außerdem in vier Fällen nach vorangegangener Unklarheit der Verdacht auf eine Appendizitis richtigerweise bestätigt werden.

Bei neun Patienten mit einer Appendizitis erbrachten die weiteren Kontrolluntersuchungen keine neuen Erkenntnisse und es war keine klare Aussage anhand der Sonographien möglich.

Vergleicht man die Aussagen der letzten Sonographien mit der Anzahl der an Appendizitis erkrankten Kinder, so erhält man einen Wert für die Sensitivität der Untersuchung von 85,5%. Vergleicht man die Aussagen der letzten Sonographien mit der Anzahl der nicht an Appendizitis erkrankten Kinder, erreicht man mit der Untersuchung eine Spezifität von 53,0%.

### **III.2.6. Fehlerquellen und Hindernisse in der Ultraschall-Untersuchung**

Abgesehen von den allgemeinen Fehlerquellen einer Sonographie wie zum Beispiel die Einstellung einer falschen Frequenz oder Schallebene, zu wenig oder zu viel Druck über dem Untersuchungsgebiet, ist vor allem bei Kindern die Untersuchung oft durch Bewegungsunruhe schwierig.

Darüber hinaus gibt es bei der sonographischen Untersuchung mit der Fragestellung einer Appendizitis spezifische Gründe für eine erschwerte Beurteilbarkeit der Sonographie.

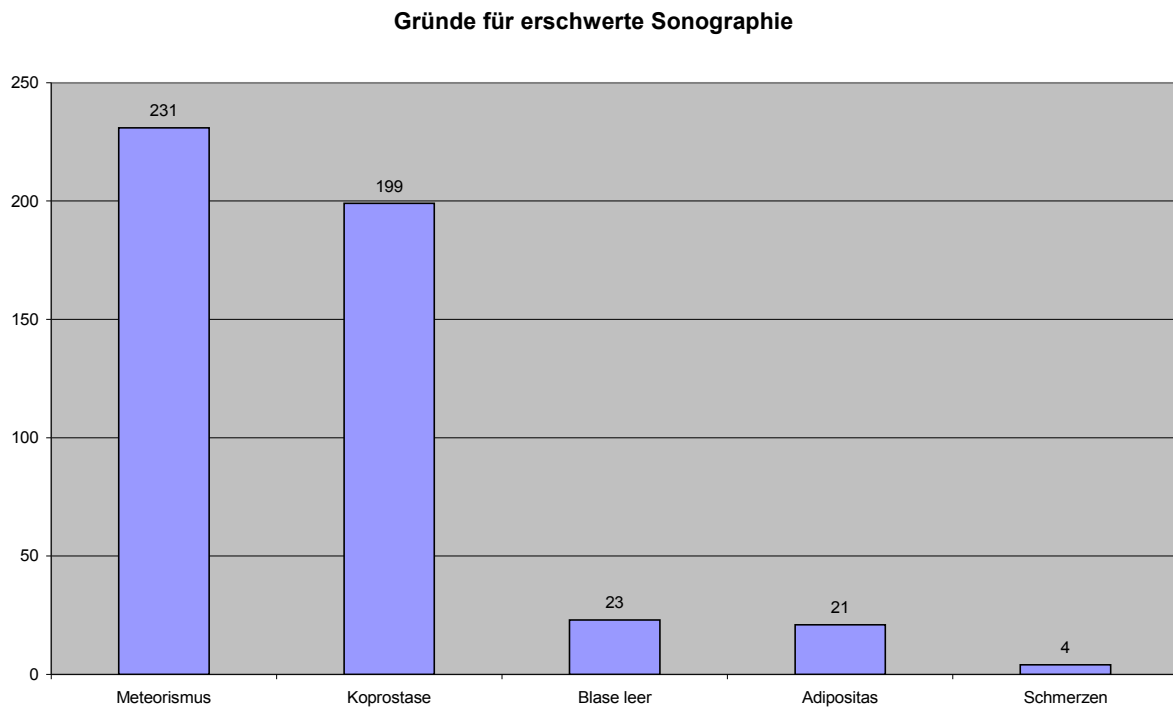
Dazu zählen Schmerzen im zu untersuchenden Bereich, so dass die Kinder keine Fortführung der korrekten Untersuchungsmethode tolerieren.

Auch kann es sein, dass die Blase zuvor vollständig entleert wurde, wodurch die Darstellbarkeit der Appendix und der umgebenden Strukturen erschwert sein kann.

Ebenso sind eine Luftüberlagerung der Darmschlingen durch Meteorismus oder eine Obstipation mit stuhlgefüllten Darmschlingen störend für ein aussagekräftiges Ultraschallergebnis.

Zusätzlich kann eine Adipositas dem Untersucher die Diagnosestellung behindern.

Alle diese Ursachen für eine erschwerte Ultraschalluntersuchung wurden in der Arbeit berücksichtigt und werden im Folgenden nach der Häufigkeit Ihres Auftretens dargestellt.



**Abbildung Nr. 11:** Welche Gründe gab es für eine erschwerte Beurteilbarkeit der Sonographien?

**Tabelle 17.** Welche Gründe gab es für eine erschwerte Beurteilbarkeit der Sonographien?

	Meteorismus	Koprostase	Blase leer	Adipositas	Schmerzen
Häufigkeit absolut	231	199	23	21	4

### III.3. Qualitätsmanagement

#### III.3.1. Treffsicherheit der unterschiedlichen Untersucher

Um eine Unterscheidung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Erfahrung der Radiologen zu treffen, wurde bei der Erhebung des Fragebogens in die Kategorien Chefarzt, Oberärzte und Assistenzärzte unterteilt.

In 64 Fällen (8,3%) wurde die Sonographie vom Chefarzt alleine durchgeführt, 423 Patienten (55,0%) wurden von den Oberärzten untersucht und 282 Patienten (36,7%) erhielten die sonographische Untersuchung durch einen Assistenzarzt. Häufig wurden die von den Assistenten untersuchten Patienten nochmals einem der Oberärzte oder dem Chefarzt vorgestellt.

Bei einem nicht geringen Anteil der Sonographien konnte keine klare Aussage, ob eine Appendizitis vorlag oder nicht, getroffen werden. Das war bei dem untersuchenden Chefarzt bei 30 von 64 untersuchten Patienten (46,9%) der Fall, die Oberärzte konnten bei 183 von 423 Kindern (43,3%) keine eindeutige Aussage machen, in der Gruppe der Assistenzärzte war bei 116 von 282 untersuchten Kindern (41,1%) keine sichere Diagnose zu stellen.

Eine akute Appendizitis wurde einmalig durch einen untersuchenden Assistenzarzt durch die Sonographie ausgeschlossen und im radiologischen Befund eine unauffällige Appendix beschrieben. Der histopathologische Befund dieses Patienten zeigte jedoch eine akute, ulzeröse Appendizitis.

Von Oberärzten und Chefarzt wurde keine falsch negative Aussage getroffen.

In manchen Fällen wurde sonographisch der Verdacht auf eine akute Appendizitis erhärtet, das betroffene Kind operiert und postoperativ stellte sich im histopathologischen Bericht die Appendix als unauffällig und nicht entzündet dar. Diese Konstellation fand sich bei dem Chefarzt in einem Fall (1,6%), bei den Oberärzten in vier Fällen (0,9%) und bei den Assistenzärzten in vier Fällen (1,4%).

Eine Appendizitis wurde von den Radiologen als solche sonographisch richtig positiv erkannt durch den Chefarzt in elf Fällen, durch die Oberärzte in 28 Fällen und durch die Assistenzärzte in 20 Fällen.

Richtig negativ im Sinne einer nicht vorliegenden Appendizitis eingestuft wurden vom Chefarzt 32 Patienten, von den Oberärzten 195 Patienten und von den Assistenzärzten 144 Patienten.

### **III.3.2. Qualität der Dokumentation der klinischen Untersuchung**

Bei der Auswertung der Patientenakten für diese Arbeit wurde auch die Qualität der Dokumentation analysiert.

Von insgesamt 1791 durchgesehenen Akten konnten wegen unzureichender Dokumentation nur 769 Fälle in die endgültige Auswertung übernommen werden.

So waren bei einigen Kindern keine Symptome, Untersuchungen oder Verläufe dokumentiert. Diese mangelhafte Dokumentation fand sich in 1022 Fällen (57,1%).

Als bei Verdacht auf Appendizitis zu erhebende Kriterien und Symptome wurden folgende Parameter in den Fragebogen aufgenommen:

Bestand bei dem entsprechenden Kind Übelkeit oder Erbrechen, hatte das Kind Fieber und eventuell eine axillo-rektale Temperaturdifferenz, konnte man einen Druckschmerz im Unterbauch lokalisieren, waren die typischen Druckpunkte Lanz, McBurney oder Loslassschmerz empfindlich?

Darüber hinaus wurde aufgenommen, ob ein Urinschnelltest im Teststreifenverfahren durchgeführt wurde.

Bei keinem der 769 Kinder wurde die klinische Untersuchung nach oben genannten Punkten vollständig dokumentiert.

Allgemeine Parameter wurden eher erfasst und dokumentiert als spezielle Untersuchungstechniken. So wurde bei 97,8% der Kinder notiert, ob sie an Übelkeit oder Erbrechen litten, bei 95,1% der Kinder fand sich eine Aussage darüber, ob das Kind Fieber hatte oder nicht und bei insgesamt 75,4% wurde ebenfalls in den Unterlagen festgehalten, ob eine axillo-rektale Temperaturdifferenz vorlag.

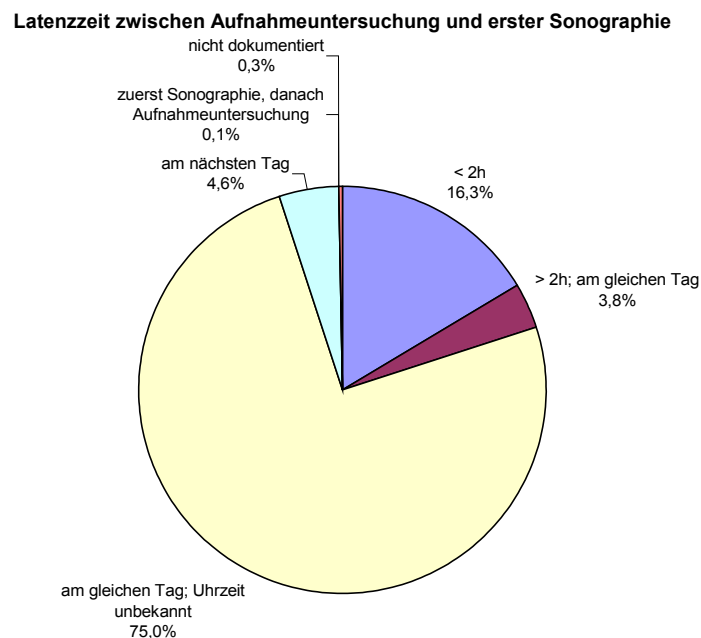
Ein diffuser Druckschmerz im Unterbauch während der klinischen Untersuchung wurde in 90,4% der Fälle in der Akte vermerkt.

Der Loslassschmerz wurde in 288 Fällen (37,5%) nicht erfasst, Druckschmerz am McBurney-Punkt war in 345 Fällen (44,9%) nicht dokumentiert und ein Druckschmerz am Lanz-Punkt wurde in 410 Fällen (53,3%) nicht aufgeführt.

Über die Durchführung eines Urinschnelltests fand sich in 54,5% aller ausgewerteten Akten keine Angabe.

### III.3.3. Latenzzeiten zwischen Aufnahmeuntersuchung, Sonographie und Operation

In diesem Abschnitt wird der zeitliche Abstand zwischen der Aufnahmeuntersuchung der Kinder bis zur Ultraschalluntersuchung dargestellt und falls sich dort die Verdachtsdiagnose Appendizitis bestätigte, der darauf folgende zeitliche Abstand zur Operation des Kindes. Um diese Analyse machen zu können, wurden jeweils Aufnahmezeit, Zeitpunkt der radiologischen Untersuchung und Operationszeitpunkt notiert und miteinander verglichen.



**Abbildung Nr. 12:** Latenzzeiten zwischen der Aufnahmeuntersuchung und der ersten Sonographie. (n=769)

**Tabelle 18.** Latenzzeiten zwischen der Aufnahmeuntersuchung und der ersten Sonographie.

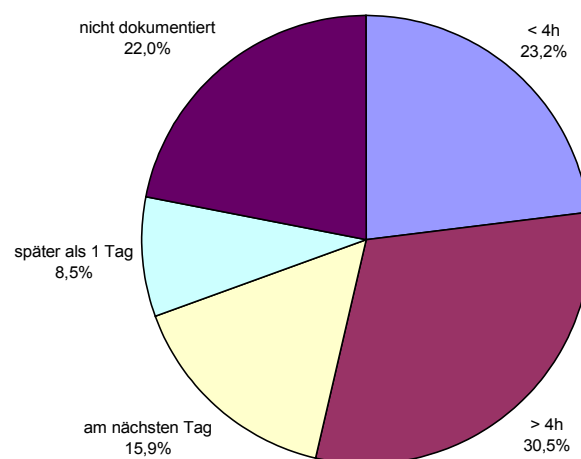
	n	< 2h	> 2h; am gleichen Tag	am gleichen Tag; Uhrzeit unbekannt	am nächsten Tag	zuerst Sonographie, danach Aufnahmeuntersuchung	nicht dokumentiert
Häufigkeit absolut	769	125	29	577	35	1	2
in Prozent		16,3%	3,8%	75,0%	4,6%	0,1%	0,3%

Aus obenstehender Graphik ist erkennbar, dass 95,1% aller Kinder, die mit Verdacht auf Appendizitis im Krankenhaus aufgenommen wurden, direkt am Aufnahmetag sonographisch untersucht wurden. Bei 16,3% der Patienten erfolgte diese Untersuchung mit einer Zeitverzögerung von weniger als zwei Stunden nach Aufnahme.

Lediglich 4,6% der Patienten erhielten eine bildgebende Diagnostik erst am Folgetag.

Einer der Patienten kam direkt zur Sonographie und wurde dann nach der Untersuchung in der Kinderradiologie von einem Kinderarzt untersucht.

**Latenzzeiten zwischen positiver Sonographie und OP**



**Abbildung Nr. 13:** Latenzzeiten zwischen positiver Sonographie und durchgeführter Operation. (n=82)

**Tabelle 19.** Latenzzeiten zwischen positiver Sonographie und durchgeführter Operation.

	n	< 4h	> 4h	am nächsten Tag	später als 1 Tag	nicht dokumentiert
Häufigkeit absolut	82	19	25	13	7	18
in Prozent		23,2%	30,5%	15,9%	8,5%	22,0%

Die oben genannten Zahlen beziehen sich auf die Gesamtzahl der operierten Kinder, deren Anzahl betrug 82.

Nach der sonographisch gesicherten Diagnose einer akuten Appendizitis wurden 19 von 82 Kindern innerhalb der darauf folgenden vier Stunden einer Operation zugeführt.

Bei 25 von 82 Kindern kam es zu einer verzögerten Operation, die erst später als vier Stunden nach Diagnosesicherung eingeleitet wurde.

Bei 20 von 82 Kindern fand die Operation erst am nächsten Tag oder später statt.

### **III.3.4. Vergleich der Anzahl von Sonographien mit der Dauer des stationären Aufenthaltes**

Um festzustellen, ob wiederholte Sonographien bei dem selben Patienten zu einem längeren Aufenthalt in der Klinik führen, werden im Weiteren die Anzahl der durchgeführten Sono-Untersuchungen der Aufenthaltsdauer gegenübergestellt.

Bei 33 Patienten der Studie wurde die Aufenthaltsdauer nicht dokumentiert, so dass diese Fälle hier nicht mit einbezogen werden können.

#### *Eine Sonographie:*

Von den 639 Kindern, die nur eine sonographische Untersuchung erhielten, wurden 188 stationär eingewiesen, 428 Kinder waren nur ambulant für einen Tag in Behandlung, 16 Kinder waren für zwei Tage ambulant in der Klinik und vier weitere für drei Tage ambulant.

Bei drei Kindern wurde zuerst eine ambulante Behandlung durchgeführt, die dann jedoch nach ein beziehungsweise zwei Tagen in eine stationäre Aufnahme mündete.

Die stationäre Aufenthaltsdauer lag zwischen einem und maximal 43 Tagen, durchschnittlich waren die Kinder für 5,3 Tage stationär in der Klinik.

### *Zwei Sonographien:*

Bei 79 Patienten wurde zweimal eine Sonographie durchgeführt, 34 davon wurden stationär behandelt, 42 Kinder wurden einmalig ambulant vorgestellt. Bei einem anderen Kind erfolgten zwei ambulante Vorstellungen und ein weiteres Kind war für zehn aufeinander folgende Tage in ambulanter Betreuung.

Die stationäre Aufenthaltsdauer lag hier zwischen einem und maximal 20 Tagen, durchschnittlich waren die Kinder für 4,2 Tage in der Klinik.

### *Drei Sonographien:*

Bei elf Kindern wurde dreimal eine Sonographie durchgeführt, drei davon wurden stationär behandelt, die anderen acht Kinder waren jeweils für einen Tag in ambulanter Behandlung.

Die Zeit des Aufenthaltes in der Klinik war zweimal fünf und einmal sechs Tage.

### *Vier oder mehrere Sonographien:*

Bei fünf Kindern wurde viermal eine Sonographie durchgeführt, bei einem Kind fünf Untersuchungen und bei einem Kind sechs Untersuchungen.

Vier Kinder dieser Gruppe wurden stationär aufgenommen, die Liegedauer lag zwischen zwei und drei Tagen, drei der Kinder waren für einen Tag in ambulanter Behandlung.

## **III.4. Weiterführende Diagnostik**

Neben der sonographischen Diagnostik des Abdomens wurden bei 24 der Patienten weitere radiologische Untersuchungen zur Klärung der Bauchschmerzsymptomatik mit Verdacht auf Appendizitis durchgeführt.

In jeweils einem Fall wurde zusätzlich eine Sonographie der Nieren, des Skrotums, vom Thorax, vom Hals und von der Hüfte angeordnet. Zwei Kinder wurden einer Echokardiographie zugeführt.

Röntgenaufnahmen von Abdomen, Thorax und Nasennebenhöhlen wurden bei 18 Kindern gemacht, eine Computertomographie in zwei Fällen und eine Magnetresonanztomographie in einem Fall.

Bei CT und MRT- Untersuchungen kam es in einem Fall zu keinem Ergebnis und das Kind wurde mit der Diagnose unklare Bauchschmerzen entlassen. Bei dem anderen Kind konnte im CT ein Hepatoblastom festgestellt werden, nachdem im Sono eine unklare Raumforderung der Leber mit Verdacht auf ein Hepatoblastom diagnostiziert wurde.

Die Röntgenuntersuchungen führten bei sechs von achtzehn Patienten zur Diagnose einer Pneumonie, bei den anderen Patienten ergaben sich durch die erweiterte radiologische Diagnostik keine neuen Hinweise bezüglich einer Ursache der abdominellen Beschwerden.

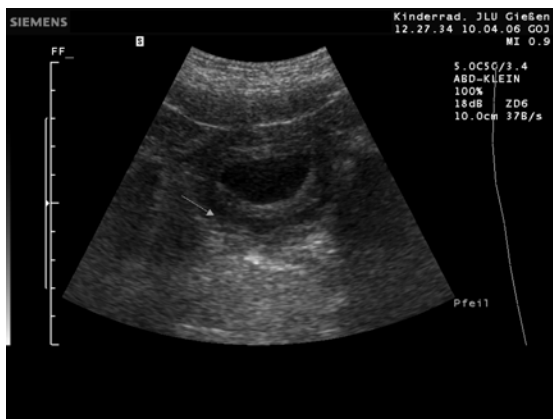
Abgesehen von der weiteren radiologischen Diagnostik und den üblichen Laborroutineuntersuchungen wurde bei einem Kind eine Stuhlprobe untersucht, bei einem anderen Kind ein Lactose-/ Fructose-Toleranztest durchgeführt.

Als invasive weiterführende Untersuchung wurde ein Patient einer Gastroskopie unterzogen.

### III.5. Besondere Fälle

1.) Ein 13-jähriges Mädchen wurde von der allgemein-pädiatrischen Ambulanz der Kinderklinik zur Sonographie in die Kinderradiologie mit Verdacht auf eine Appendizitis überwiesen. Das Kind hatte seit sieben Tagen Bauchschmerzen mit Temperaturen bis 39°Celsius und es bestand eine Leukozytose.

In der darauf folgenden Ultraschalluntersuchung fand sich freie Flüssigkeit im Douglas-Raum, sowie langstreckige wandverdickte Darmabschnitte im Mittel- und Unterbauch neben vergrößerten mesenterialen und intramuralen Lymphknoten, so dass die Verdachtsdiagnose einer infektiösen Ileitis gestellt wurde.



**Abbildung 14a**

Freie Flüssigkeit im Douglas-Raum.

Zwei Tage später wurde erneut eine Sonographie durchgeführt, da die Patientin immer noch Bauchschmerzen, jetzt aber auch Stuhilverhalt und stark erhöhte Entzündungszeichen aufwies. In dieser Ultraschall-Untersuchung konnte man immer noch die deutlich wandverdickten Darmschlingen nachweisen, neu aufgetreten war eine im Durchmesser 47mm große Abszedierung oberhalb der Blase. Daraufhin wurde der Verdacht auf eine gedeckte Perforation der Appendix bei ausgeprägter Ileitis ausgesprochen.



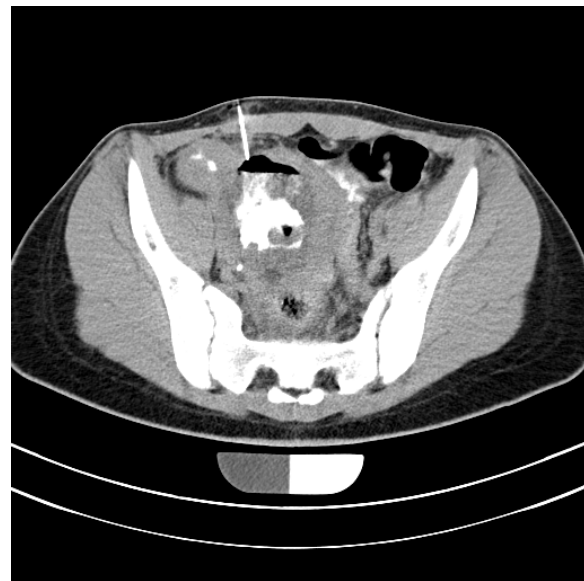
**Abbildung 14b, c**

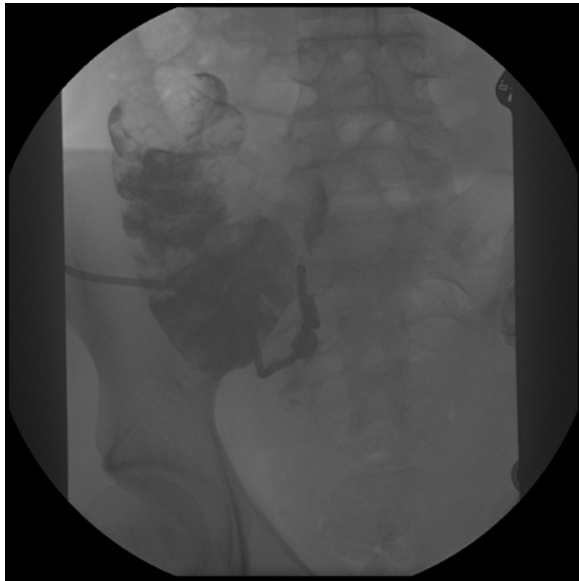
Abszedierung oberhalb der Harnblase.

Der Abszess wurde im Computertomogramm dargestellt und es konnte CT-gesteuert eine Drainage zur Entlastung der Abszedierung eingebracht werden.



**Abbildung 14d, e**  
Abszedierung im CT.

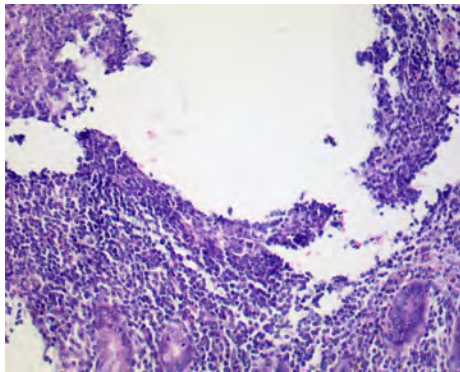




**Abbildung 14f**

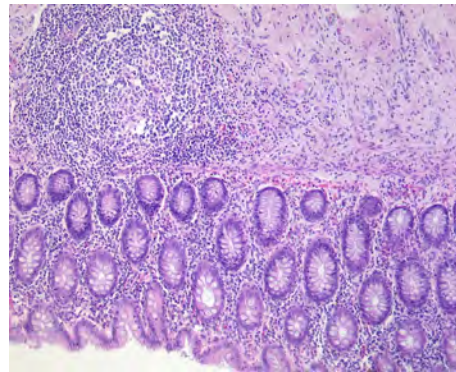
Abszeßdrainage im Röntgen.

Nach Besserung der entzündlichen Reaktion konnte die Patientin operiert werden. Histologisch fanden sich eine akute ulzeröse und phlegmonös eitrige Appendizitis und Zeichen einer chronisch rezidivierenden Entzündung mit submuköser Fibrose.



**Abbildung 15a, b**

10xObjektiv



40xObjektiv

Akute ulzeröse, phlegmonös eitrige Appendizitis, submuköse Fibrose.

2.) Von einem niedergelassenen Kinderarzt wurde ein 14-jähriger Junge mit Verdacht auf Appendizitis in die Kinderklinik eingewiesen.

Bei der dort durchgeführten Sonographie bestätigte sich die Verdachtsdiagnose.

Man konnte eine akut entzündete Appendix mit retrocoecaler Lage und deutlicher Umgebungsreaktion darstellen. Außerdem fand sich etwas freie Flüssigkeit subhepatisch.

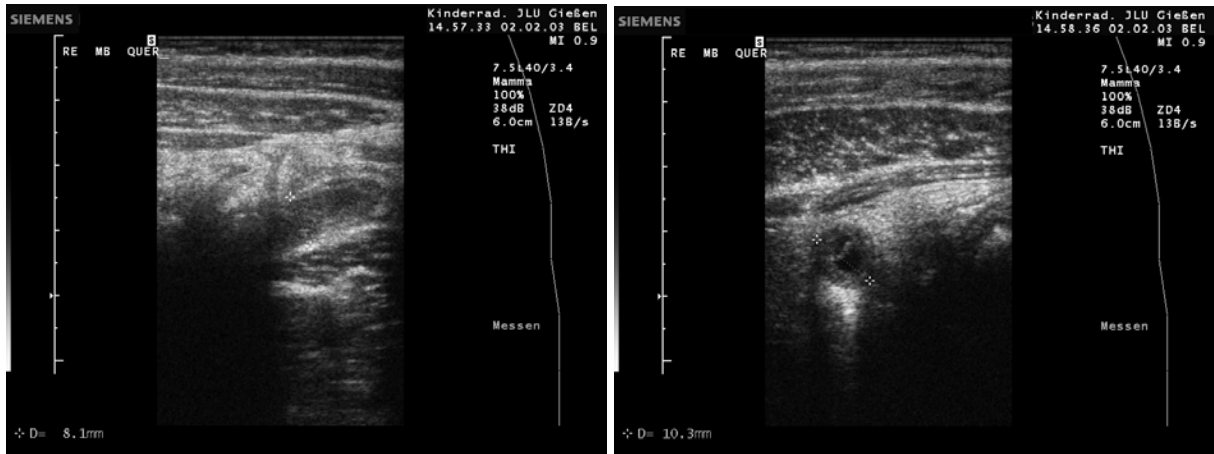


Abbildung 16a, b

Akute Appendizitis mit deutlicher Umgebungsreaktion.

Am nächsten Tag wurde das Kind operiert.

Histologisch waren Appendixwandanteile mit einer dichten Infiltration neutrophiler Granulozyten zu sehen, das Oberflächenepithel war ulzeriert und entzündliche Infiltrate konnte man auch in der Appendixlichtung finden.

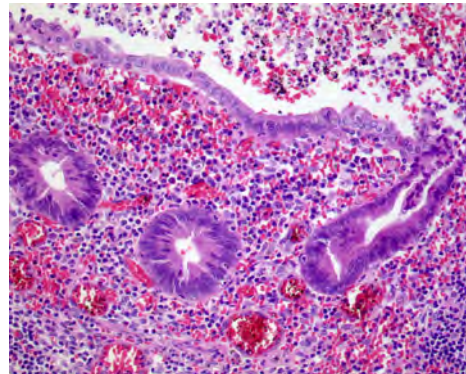
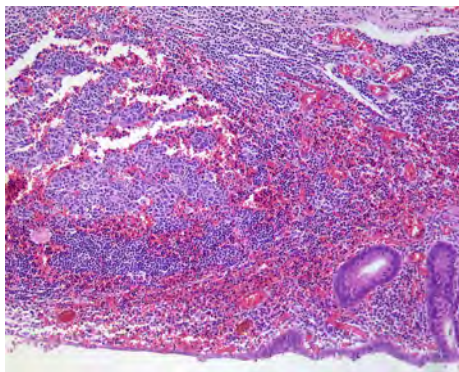


Abbildung 17a, b

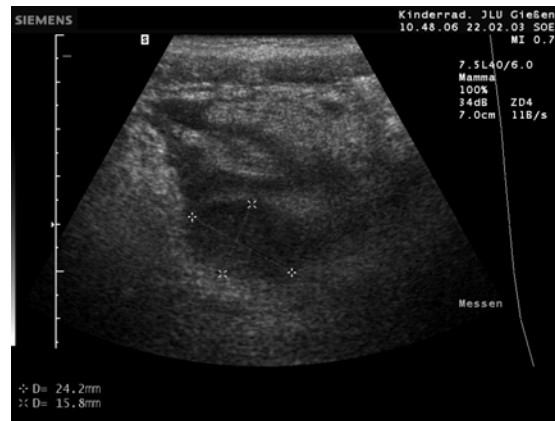
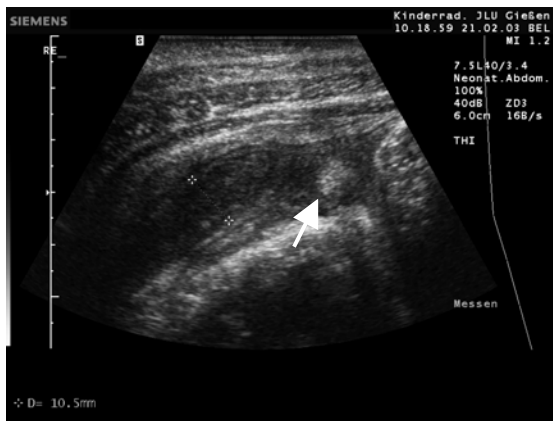
10xObjektiv

20xObjektiv

Ulzero-phlegmonöse Appendizitis mit Periappendizitis.

3.) Ein 12-jähriger Junge wurde vom Kinderarzt mit der Diagnose einer akuten Gastroenteritis und einem ipsilateralen Loslassschmerz zum Ausschluß einer akuten Appendizitis in die Kinderradiologie überwiesen.

Hier konnte bereits in der ersten Ultraschalluntersuchung ein etwa sieben cm großer Schlingenabszess im rechten Unterbauch festgestellt werden, der auf eine perforierte Appendizitis hindeutete.



**Abbildung 18a, b**

Akute Appendizitis, perforiert, mit Appendikolith.

Schlingenabszess

Zwei Tage später wurde der Junge operiert.

Weitere zwei Tage nach der Operation musste zur Abklärung anderer eventuell vorhandener Abszedierungen eine computertomographische Untersuchung vorgenommen werden.

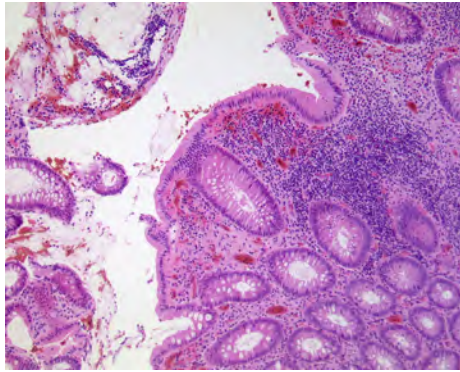
Es fanden sich ausgedehnte Pleuraergüsse beidseits und Dystelektasen beider Lungenunterlappen. Subhepatisch und im linken Unterbauch sah man multiple gekammerte Flüssigkeitsansammlungen. Im rechten Unterbauch konnte man einen gekammerten Schlingenabszess nachweisen. Innerhalb des Abszesses war eine Verkalkungsstruktur sichtbar, am ehesten ein belassener Appendikolith.

Zur Drainage der Abszedierungen wurde ein 8F van Sonnenberg-System CT-gesteuert in den Abszess eingelegt und 80ml rahmiger Eiter gewonnen. Das Drainagesystem wurde dann für 14 Tage belassen und regelmäßig gespült.



**Abbildung 18c, d**  
Drainage der Abszedierungen in CT und CT-Topogramm.

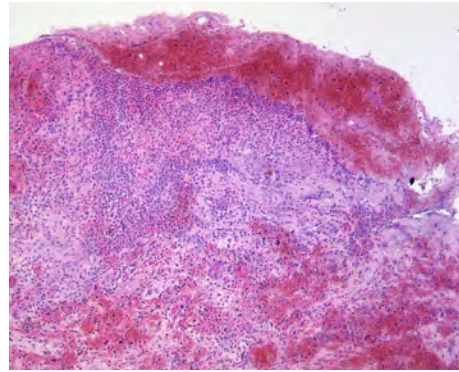
In der Histopathologie stellte sich eine akute ulzero-phlegmonöse Appendizitis mit ausgeprägt eitrig florider Periappendizitis und Serositis dar.



**Abbildung 19a, b**

10xObjektiv

Ulzero-phlegmonöse Appendizitis



10xObjektiv

Serositis

4.) Mit akuten Bauchschmerzen und Erbrechen wurde ein drei Jahre altes Mädchen stationär aufgenommen. In der Ultraschalluntersuchung konnte man bereits eine Perforation der Appendix erkennen. Angrenzend an die Perforation lässt sich sonographisch eine abgekammerte Flüssigkeitsansammlung lokalisieren. Nach der Operation bildete sich die Entzündungsreaktion ohne weitere Maßnahmen innerhalb einiger Tage zurück.

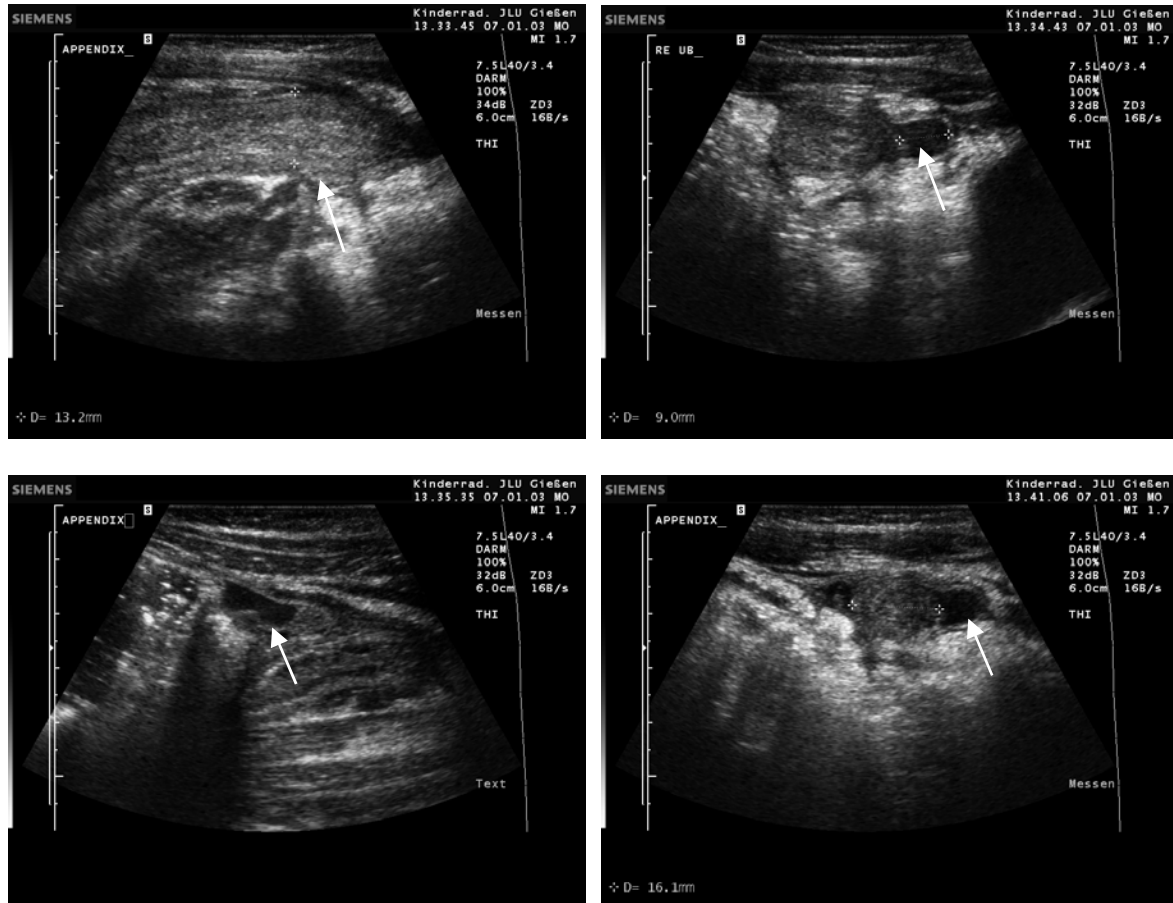


Abbildung 20 a-d

Perforierte Appendizitis mit angrenzender Flüssigkeitsansammlung.

## IV. Diskussion

In der Diagnostik der Appendizitis wird seit vielen Jahren die Sonographie als schnell einsetzbares, nebenwirkungsarmes und kosteneffektives Untersuchungsverfahren eingesetzt. Die früher oft hohe Perforationsrate konnte zunehmend durch eine verbesserte Diagnostik abgesenkt werden [41].

Durch zahlreiche Studien konnte der Nutzen der Sonographie in der Diagnosestellung bereits bestätigt werden [4, 6, 14, 25, 31]. Die Analyse der Ergebnisse ergibt, dass je nach Studienkonzept die Sensitivität und Spezifität der Methode stark variiert. So werden bei prospektiv angelegten Untersuchungen immer weitaus höhere Werte der beiden Parameter beobachtet [27] als bei retrospektiv durchgeführten Untersuchungen. Vergleicht man darüber hinaus Multicenterstudien mit Singlecenterstudien, erreichen die Singlecenterstudien bessere Werte als die Studien, die gleichzeitig an verschiedenen Zentren durchgeführt wurden. In der Multicenterstudie von Franke wurde eine Sensitivitätsspanne von 13 bis 90 % beobachtet [18, 17].

### IV.1.1. Analyse der Fragestellung und Anzahl der benötigten Sonographien

In den Untersuchungsanforderungen zur Sonographie wurde in 45,5% der Fälle explizit der Verdacht auf Appendizitis geäußert. Häufiger waren diffuse Bauchschmerzen (54,3%) angegeben oder eine Auflistung von Symptomen wie Erbrechen, Durchfall oder Fieber, Gastroenteritis.

Dadurch ist dem untersuchenden Sonographen nicht sofort bewusst, welche Verdachtsdiagnose der behandelnde und anfordernde Arzt bei dem jeweiligen Patienten hatte. In einigen Studien wird kritisch erwägt, ob eine häufige Wiederholung der Sonographien zu einer Verzögerung der Diagnostik und somit einer eventuell nötigen Operation führen kann [51, 52, 49, 42].

In dieser Studie benötigten die meisten Patienten lediglich eine Untersuchung (86,6%), mehr als zweimal wurde nur ein kleiner Teil der Patienten (2,6%) sonographiert.

So bestand in der Kinderradiologie Gießen nicht die Gefahr einer verzögerten Diagnostik durch zu häufig wiederholte Untersuchungen.

### **IV.1.2. Analyse des diagnostischen Ablaufs und der klinischen Untersuchung**

Um eine schnelle und sichere Diagnose der akuten Appendizitis zu erzielen, bedarf es einer zeitlich gut abgestimmten Kombination von klinischen, radiologischen und laborchemischen Untersuchungsmethoden.

In dieser Studie war der diagnostische Ablauf meist identisch. Bis auf eine Ausnahme wurden die Kinder zuerst einer klinischen Untersuchung zugeführt, danach folgten Ultraschalluntersuchung und Blutentnahme. Bei stationärer Aufnahme wurde dann die klinische Untersuchung meist noch einmal wiederholt, ambulant vorgestellte Kinder bekamen häufig die Empfehlung zur Wiedervorstellung.

Da zwischen erster klinischer Untersuchung und der radiologischen Untersuchung meist nur wenig Zeit verging (nur 4,6% der Patienten konnten nicht direkt am selben Tag sonographiert werden) und so keine unnötige Verzögerung der Diagnostik entstand, scheint dieses Vorgehen sinnvoll.

Die klinische Untersuchung lieferte jedoch häufig keine konkrete Verdachtsdiagnose, da sich am häufigsten unspezifische Allgemeinsymptome wie diffuse akute oder chronische Bauchschmerzen zeigten. Auf die Schwierigkeit der klinischen Untersuchung bei Kindern wiesen auch schon Ramachandran et.al. [38], Klein et.al. [29] und Podevin et.al. [33] in ihren Arbeiten hin. Podevin et.al. empfiehlt eine ausführliche Anamnese des Kindes sowie der Eltern, um während der Untersuchung ein besseres Ergebnis durch aktive Mitarbeit eines weniger ängstlichen Kindes zu erreichen. Außerdem sollte auf Hautveränderungen am gesamten Körper, Konjunktivenverfärbung und beginnende Sepsiszeichen geachtet werden.

An der Kinderklinik Gießen ist die klinische Untersuchung häufig unvollständig gewesen, meist wurden die typischen Schmerzdruckpunkte der akuten Appendizitis nicht getestet, eine axillo-rektale Temperaturdifferenz wurde nur in 75,4% der Fälle gemessen. Dies scheint nach Ansicht von Izbiki [23] jedoch vertretbar, da in seiner prospektiven Studie kein signifikanter

Zusammenhang zwischen Temperatur, Temperaturdifferenz und Appendizitis hergestellt werden konnte.

Blutentnahmen wurden bei über einem Drittel der Patienten nicht durchgeführt.

Jedoch zeigen in dieser Arbeit sowohl die CRP-Werte als auch die Leukozytenanzahl eine gute Korrelation mit einer akuten Appendizitis. Als alleiniges Entscheidungskriterium kommt jedoch keiner der beiden Parameter in Frage, was auch Al-Saigh et al. [1] in ihrer entsprechenden Arbeit so bewerteten, der CRP-Wert ist jedoch der Leukozytenzahl überlegen [13, 51]. Die Überlegenheit des CRP-Wertes kam auch in dieser Studie deutlich zum Ausdruck, da 88,4% der an Appendizitis erkrankten Kinder einen erhöhten CRP-Wert hatten, im Gegensatz dazu jedoch nur 66,7% der jeweiligen Kinder eine erhöhte Leukozytenzahl aufwiesen.

Eine Urinuntersuchung mit Teststreifenverfahren wurde bei 45,5% der Patienten durchgeführt, bei 9,1% der untersuchten Patienten wies die Untersuchung auf Vorliegen eines Harnwegsinfektes hin. Da vier Patienten mit einem solchen Infekt trotzdem eine akute Appendizitis hatten, dient diese Untersuchung nicht immer der Abgrenzung zwischen zwei Krankheitsbildern, sondern vielmehr einer erweiterten Diagnostik.

### **IV.1.3. Analyse der Sonographieergebnisse**

In dieser Studie konnten die Radiologen durch die erstmalige Sonographie bei 53,7% des Patientenkollektivs eine klare Aussage treffen, ob eine akute Appendizitis vorlag oder nicht, bei einem Großteil der Patienten (57,2%) war die Appendix zumindest zweifelsfrei darzustellen.

Als wichtige morphologische Kriterien einer akuten Appendizitis gilt die echoreiche Umgebungsreaktion, Koproolithen-Nachweis, Kokardenbildung und die wandverdickte Appendix [5, 3]. Da man differentialdiagnostisch bei singulärem Auftreten dieser Zeichen auch an eine lymphatische Hyperplasie oder eine andere unspezifische Entzündung im Bauchraum denken muss, konnte hier trotz höherer Darstellbarkeit der Appendix nicht immer gleich in allen Fällen eine Diagnose gestellt beziehungsweise ausgeschlossen werden.

Ebenso spielt das Entzündungsstadium einer akut entzündeten Appendix eine entscheidende Rolle. Je stärker eine Appendizitis vorangeschritten ist, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, sie zu erkennen. Takada [46] untersuchte die unterschiedlichen Werte für

Sensitivität einer Ultraschalluntersuchung bei katarrhalischer und phlegmonöser Appendizitis. Bei der katarrhalischen Appendizitis erzielte er lediglich eine Sensitivität von 32,0%, bei der phlegmonösen Appendizitis erreichte er eine Sensitivität von 100%. Da in der Praxis nicht streng nach katarrhalisch und phlegmonös getrennt wird, und im Krankheitsverlauf Zwischenformen auftreten, ist es verständlich, dass die meisten Werte für Sensitivität im mittleren Bereich liegen.

Die Sensitivität lag in dieser Studie bei 85,5%. Nur bei einem Kind des gesamten Kollektivs wurde eine Appendizitis im Ultraschall sicher diagnostiziert, obwohl keine Appendizitis vorlag. Außerdem wurde bei einem Kind eine akute Appendizitis in der Sonographie übersehen. Bei weiteren acht Kindern wurden sonographische Hinweise für eine Appendizitis gefunden, die aber von den Radiologen nicht eindeutig im Sinne einer Diagnose interpretiert werden konnten. Auch diese Sonographieergebnisse wurden in die Berechnungen mit einbezogen.

Deshalb ist anzunehmen, dass der wahre Wert der Sensitivität höher liegen muss, dies wäre eher im Rahmen eines prospektiven Studiendesigns zu erkennen.

Einige Autoren [11, 26, 30] empfehlen die kombinierte Analyse der klinischen und sonographischen Befunde, von anderen wird eine kritische Prüfung der Bildgebenden Diagnostik in der Routine angeraten [15]. Hahn et al. [20] kam in seiner Arbeit zu dem Schluss, dass sich mit Anamnese, klinischem Befund und Sonographie die Anzahl der negativen Appendektomien deutlich senken lässt.

Meiser et al. [31] ermittelte einen Anstieg der Sensitivität von 87% bei isolierter Bewertung der klinischen Symptomatik und auf 97% bei kombinierter Bewertung von Klinik und Sonographie.

### **IV.1.4. Analyse von Fehlerquellen in der Ultraschall-Untersuchung**

Die sonographischen Untersuchungen der Kinder wurden in dieser Studie zumeist von Ärzten der radiologischen Abteilung vorgenommen. Damit sind die falsche Frequenzwahl oder eine nicht richtig gewählte Schallebene als Fehlerquelle der Untersuchung zu vernachlässigen, da es sich fast ausschließlich um erfahrene Untersucher handelte.

Die am häufigsten genannten Gründe für eine erschwerte Sonographie waren Meteorismus und Koprostase. Bei einer Vielzahl der Patienten mit diesen Symptomen konnte bei der ersten

Sonographie keine klare Aussage getroffen werden, ob es sich um eine Appendizitis handelte oder nicht. Wurden dann nach entsprechender Empfehlung Abführmaßnahmen eingeleitet, waren nach dieser Vorbereitung in der zweiten Sonographieuntersuchung oft eindeutige Ergebnisse zu ermitteln.

Daher wäre zu erwägen, ob man in akuten Fällen mit Koprostase oder Meteorismus routinemäßig Laxantien oder Karminativa zur Untersuchungsvorbereitung einsetzen sollte.

Ein weiterer Grund für eine erschwerte Darstellbarkeit der Appendix und umgebender Strukturen war eine völlig entleerte Blase der Patienten. Hier könnte man die Kinder instruieren, vor der Untersuchung etwas zu trinken.

Eine Schmerzmittelgabe vor der Untersuchung kann nicht empfohlen werden, da dadurch der klinische Verlauf eines akuten Abdomens verschleiert werden könnte. Die Sonographie konnte jedoch nur bei lediglich vier Kindern in dieser Studie nicht korrekt ausgeführt werden, da diese an starken Schmerzen litten.

### **IV.2.1. Analyse der Treffsicherheit der unterschiedlichen Untersucher**

Mehrere Studien, die bereits zum Thema Sonographie bei Appendizitis durchgeführt wurden, verweisen auf die Wertigkeit eines erfahrenen Untersuchers in dieser Methode. Klinische Erfahrung, gute topographische Kenntnisse, Erfahrung in der Befunderhebung und Bildinterpretation bei versierten Untersuchern ändern drastisch die Untersuchungsergebnisse [7, 44, 34, 21, 40].

Häufig wurde auch diskutiert, ob eine Abhängigkeit vom Sonographeurfach besteht oder nicht. Laut Jahn et al. [24] soll die Ultraschalluntersuchung ausschließlich von Radiologen durchgeführt werden. Jedoch zeigen auch einige chirurgische Arbeitsgruppen, wie zum Beispiel Amgwerd [2], vergleichbare Ergebnisse.

In dieser Arbeit wurde die sonographische Untersuchung von angehenden Ärzten der Pädiatrie, sowie von Assistenzärzten der Kinderradiologie, von den dortigen Oberärzten und von dem Chefarzt durchgeführt.

Sowohl Chefarzt als auch Oberärzte hatten in ihren Untersuchungen keine akute Appendizitis übersehen, in einem Fall unterlief dieser Fehler einem Assistenzarzt. Die Treffsicherheit und die Möglichkeit, eine klare diagnostische Aussage zu treffen, variierten zahlenmäßig in den

drei beobachteten Gruppen nicht sehr stark. So konnten die Assistenzärzte in 58,9% eine eindeutige Aussage treffen, die Oberärzte in 56,7% und der Chefarzt der Kinderradiologie in 53,1% der Fälle. Bei unklaren Befunden stellten die Assistenzärzte meist den Oberärzten oder dem Chefarzt ihre Patienten vor, die daraufhin nochmals eine Sonographie durchführten. Hierbei gilt jedoch besonders zu beachten, dass für diese Studie das letzte Untersuchungsergebnis der Sonographie in die Analyse einbezogen wurde. So ist die niedrigere Treffsicherheit des Chefarztes und der Oberärzte dadurch zu erklären, dass in schwierigen und zweifelhaften Fällen diese von den Assistenten um eine Wiederholung der Untersuchung gebeten wurden, um eine zweite Meinung zu erhalten.

### **IV.2.2. Analyse der Dokumentationsqualität**

Im Allgemeinen findet sich bei prospektiv angelegten Studienkonzepten eine deutlich besser durchgeführte Dokumentation als in retrospektiven Studien.

In dieser Arbeit musste die vorgesehene Patientenzahl von 1791 auf 769 in der endgültigen und kompletten Auswertung reduziert werden, da nur dort die Dokumentation ausreichend war. Oft fehlten wichtige Informationen, die eine zielgerichtete Ultraschalluntersuchung möglich gemacht hätten.

Hinsichtlich der Appendizitisdiagnostik wäre es für den Sonographen von Bedeutung, die Untersuchungsbefunde der typischen Druckpunkte bei Palpation zu kennen. Auch Allgemeinsymptome wie Fieber, Erbrechen, Diarrhoe sowie Lokalisation und Charakter des Schmerzes könnten einen wichtigen Hinweis auf eventuelle Differentialdiagnosen bieten.

Hier könnte man darüber nachdenken, die klinische Untersuchung sowie die Dokumentation bei akuten Bauchschmerzen mit Verdacht auf Appendizitis zu standardisieren, indem man in einem Untersuchungsbogen alle wichtigen Punkte examiniert und dokumentiert.

Durch eine verbesserte Dokumentation könnte ebenso eine gezieltere Vorauswahl der zu sonographierenden Patienten getroffen werden. Dadurch könnte man kosteneffektiver arbeiten und die anderen Patienten einer gezielten Therapie zuführen.

### **IV.2.3. Analyse der Latenzzeiten zwischen Aufnahmeuntersuchung, Sonographie und Operation**

Von einigen Autoren wird die Bedeutung der Ultraschalluntersuchung bei Verdacht auf Appendizitis in Frage gestellt, da eine Verzögerung der Diagnostik und damit eine verzögerte Therapie in Form einer raschen Operation befürchtet wird [10, 16, 17].

Gegen diese Bedenken spricht die Studie von Smink et al. [45], in der man anhand verschiedener Patientenkollektive nachweisen konnte, dass die bildgebende Diagnostik zu einer geringeren negativen Appendektomie-Rate führte ohne dabei die Perforationsrate ansteigen zu lassen.

Auch in dieser Arbeit wurde analysiert, ob die Sonographie zu einer verzögerten Diagnostik und einer verspäteten Therapieentscheidung führen könnte.

Patienten mit akuten Bauchschmerzen, die als Notfall anzusehen waren, wurden ohne Wartezeit in der kinderradiologischen Abteilung untersucht, in diesen Fällen konnte keine Latenzzeit entstehen.

Lediglich 4,6% der Kinder erhielten ihre Ultraschalluntersuchung erst am zweiten Tag ihres stationären Aufenthaltes, alle anderen wurden direkt am Aufnahmetag sonographiert. Damit führt in der Kinderklinik Gießen die Sonographie eindeutig keine Verzögerung der Therapieentscheidung herbei. Jedoch kam es bei 20 von 82 Kindern mit akuter Appendizitis nach Diagnosestellung erst ein oder zwei Tage später zur Operation.

Durch eine verbesserte Zusammenarbeit der verschiedenen Fachrichtungen könnte man eventuell eine kürzere Latenzzeit zwischen Diagnose und Operation herbeiführen.

### **IV.2.4. Analyse der Dauer des Krankenhausaufenthaltes im Vergleich mit der Anzahl der Sonographien**

Um die Kosteneffektivität zu optimieren, wird eine nicht länger als nötige Aufenthaltsdauer der Patienten in der Klinik angestrebt.

Im Rahmen dieser Bemühungen stand zur Diskussion, ob eine wiederholte Durchführung der Sonographie bei Verdacht auf Appendizitis zu einer verlängerten Diagnostik und damit zwangsläufig auch zu einem verlängerten stationären Aufenthalt führen könnte.

In dieser Arbeit wurde die Anzahl der Sonographien mit der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer in der Klinik verglichen und es konnte nicht bestätigt werden, dass die Kinder mit mehreren Sonographien eine längere Zeit in der Klinik verbrachten als die Kinder mit nur einer Untersuchung.

So betrug die durchschnittliche Aufenthaltsdauer bei Patienten, die eine Untersuchung erhielten 5,3 Tage, bei zwei Untersuchungen 4,2 Tage und bei drei Untersuchungen wieder 5,3 Tage. Patienten, die mehr als dreimal sonographiert wurden, hatten mit durchschnittlich zwei Tagen die kürzeste Aufenthaltsdauer in der Klinik.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam es auch in den Studien von Newman et al. [32] und Lessin et al. [30], die in ihrer Arbeit ermitteln konnten, dass ein frühzeitiger und effektiver Gebrauch der Sonographie, wenn nötig auch wiederholt, eine schnelle und sichere Diagnose erlauben kann. Dadurch wird eine längere stationäre Beobachtung unnötig und die Aufenthaltsdauer der Patienten mit Verdacht auf Appendizitis kann so verkürzt werden.

### **IV.3. Analyse der weiterführenden Diagnostik**

In der Literatur gibt es verschiedene Studien, besonders in den USA, die den routinemäßigen Einsatz der Computertomographie bei Verdacht auf Appendizitis mit den Ergebnissen der Ultraschalluntersuchung vergleichen.

Die Arbeitsgruppe von Garcia Pena und Cook [19] erarbeitete drei diverse Leitlinien der Kombination von Ultraschall und CT für die Appendizitisiagnostik. In Abhängigkeit von der Schwere der Symptomatik erhielten die Kinder entweder nur Ultraschall, nur CT, beide Verfahren kombiniert oder keine Bildgebung.

Im Ergebnis lag die Sensitivität der CT- Untersuchung höher als die der Sonographie, jedoch weisen die Autoren darauf hin, dass sowohl Strahlung als auch das Risiko der Kontrastmittelapplikation, die hier durchgeführt wurde, die leicht verbesserte Sensitivität nicht rechtfertigen kann.

Eine breit angelegte Meta-Analyse von Doria et al. [12], in der 57 Arbeiten zu diesem Thema recherchiert wurden, kam ebenfalls zu dem Schluss, dass die Sensitivität der Computertomographie im Durchschnitt um 6% höher lag als die der Sonographie. Dieser Wert wurde für die Untersuchung bei Kindern ermittelt, da die Sonographie bei Kindern stets

höhere Werte für die Sensitivität erzielte als bei Erwachsenen. In der Spezifität ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen Sonographie und Computertomographie feststellen.

Als klare Vorteile der Computertomographie werden die einfachere Untersuchung bei stark adipösen Kindern, bessere Darstellung einer retrozökalen Appendix und die Unabhängigkeit vom Meteorismus oder Obstipation genannt. Abschließend wird in dieser Arbeit die Computertomographie für Kinder jedoch nicht empfohlen, da die Organe und Schleimhäute der Kinder eine erhöhte Radiosensitivität aufweisen und das Langzeitrisiko der Strahlung nicht durch die falsch negativen Ultraschallergebnisse aufzuwiegen sei.

In meiner Arbeit wurde nur in zwei Fällen eine CT-Untersuchung und in einem Fall eine Magnetresonanztomographie durchgeführt. Die MRT-Untersuchung brachte keine zusätzlichen Erkenntnisse bezüglich der Bauchschmerzsymptomatik. Mit Hilfe der Computertomographie konnte in einem Fall ein Hepatoblastom diagnostiziert werden.

Bei der MRT-Untersuchung ist es notwendig, die Kinder medikamentös zu sedieren, um eine ausreichende Bildqualität zu erhalten und Bewegungsartefakte zu vermeiden. Dieses Vorgehen ist eher invasiv, birgt zusätzliche Risiken und ist deutlich zeitaufwendiger sowie kostenintensiver als die Sonographie.

Die Ultraschall-Technik befindet sich hingegen in einer stetigen Weiterentwicklung mit neueren und verbesserten Sonden, die feinere Tiefenkontraste erzeugen können.

So werden sicher, wie auch in den vorliegenden Studien dargestellt, die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie, Zusatzuntersuchungen bei speziellen Fragestellungen bleiben.

Die Sonographie wird damit auch in Zukunft, sowohl aus medizinischer Sicht als auch im Sinne der Kosteneffektivität, die überlegene Methode zur Diagnostik einer Appendizitis im Kindesalter darstellen.

## V. Zusammenfassung

Diese Studie analysiert den Stellenwert der sonographischen Diagnostik bei Kindern, die sich im Zeitraum von zwei Jahren mit Verdacht auf Appendizitis in der Kinderklinik Gießen befanden und dort sonographisch untersucht wurden.

Dazu wurden 1791 Patientenakten retrospektiv ausgewertet, wobei eine besondere Gewichtung der Auswertung auf Aspekten des Qualitätsmanagements lag.

Von den 1791 Patienten konnten 769 Patienten lückenlos und detailliert ausgewertet werden, die zum Teil unzureichende Dokumentation der anderen Patienten erlaubte eine Auswertung von Teilaspekten.

Die Ultraschalluntersuchungen wurden mit Hilfe der „graded compression Technik“ und „Tissue Harmonic Imaging“ durchgeführt.

Von diesem Patientenkollektiv bedurften 666 (86,6%) nur einer sonographischen Untersuchung, bis eine Diagnose durch radiologische oder klinische Untersuchung erfolgte.

Die Ultraschalluntersuchung lieferte in dieser Arbeit ein falsch negatives Ergebnis bezüglich der Diagnostik bei Verdacht auf Appendizitis, jedoch konnte bei 329 (42,8%) der Untersuchungen keine eindeutige Aussage getroffen werden, ob eine Appendizitis vorlag oder nicht.

Die Sensitivität der Untersuchung betrug 85,5%.

Als Fehlerquellen der Methode fanden sich Meteorismus, Obstipation und eine vollständig entleerte Harnblase als die häufigsten Ursachen.

Eine Mehrzahl der Patienten von 731 (95,1%) wurde bereits am Tag der Aufnahme sonographisch untersucht.

Die Dauer des stationären Aufenthaltes verlängerte sich nicht durch wiederholte sonographische Untersuchungen.

Nur bei 24 Patienten wurde eine weitere bildgebende Diagnostik veranlasst, lediglich in einem Fall konnte diese zur ursächlichen Abklärung der abdominalen Symptomatik beitragen.

Mit Hilfe dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Sonographie ergänzend zur Klinik eine nützliche und kosteneffektive Methode darstellt und eine weiterführende radiologische Diagnostik wie Magnetresonanztomographie oder Computertomographie keinen bedeutsamen Informationszugewinn erbringt und damit besonderen Fragestellungen vorbehalten bleiben wird.

Darüber hinaus ließ sich darstellen, dass Ultraschalluntersuchungen bei Verdacht auf Appendizitis nicht zu einer verzögerten Diagnostik und damit auch nicht zu einer verzögerten Therapieentscheidung führen.

## VI. Summary

This study analyzes the impact of sonographic diagnosis in children who were observed over the period of two years with suspected appendicitis at the children's hospital in Gießen and have been examined by ultrasound.

These 1791 patient records were analyzed retrospectively with special emphasis on the evaluation aspects of quality management.

Among the 1791 patients 769 patients could be evaluated fully and in detail, the insufficient documentation of the other patients allowed an analysis of specific aspects.

The ultrasound examinations were performed using the "graded compression technique" and "Tissue Harmonic Imaging".

From this group of patients 666 (86,6%) required only one ultrasound examination until a diagnosis by radiological or clinical examination was found.

In this study the ultrasound examination provided one false negative result regarding the diagnosis of appendicitis, but in 329 (42,8%) of the examinations no definitive conclusions could be made whether appendicitis was present or not.

The sensitivity of the examination was 85,5%.

As errors of the method flatulence, constipation and a completely empty bladder were found as the most common causes.

A majority of patients of 731 (95,1%) has already been examined the first day of admission with ultrasound.

The duration of hospital stay was not prolonged by repeated ultrasound examinations.

Only in 24 patients further diagnostic imaging has been done, in only one case this could contribute to the clarification of the cause of abdominal symptoms.

With this study it could be shown that sonography in addition to the clinical examination is a cost effective method and further radiological diagnostics such as computed tomography or magnetic resonance imaging does not provide any significant information benefit and because of that will be reserved for special issues.

In addition, it could be presented that ultrasound examinations in suspected appendicitis do not lead to a delayed diagnosis and thereby do not result in a delayed treatment decision.

## VII. Literaturverzeichnis

1. Al-Saigh A: C-reactive protein in the differential diagnosis of the acute abdomen, especially acute appendicitis. J. R. Coll. Surg. Edinb. 1992; 37(4):238-40
2. Amgwerd M, Röthlin M, Candinas D: Appendizitissonographie durch Chirurgen - Erfahrungssache? Langenbecks Arch Chir 1994; 379:335-340
3. Axelrod D.A., Sonnad S. S., Hirschl R. B. An economic evaluation of sonographic examination of children with suspected appendicitis. Journal of pediatric surgery (2000) Vol.35 no.8: 1236-1241
4. Beyer D, Rieker OR, Kaiser C, Stamm I: Sonographie bei Verdacht auf akute Appendizitis. Fortschr. Röntgenstr. 152,5(1990):510-515
5. Beyer D., Schulte B., Kaiser C., Horsch S., Rieker O. Sonographie der akuten Appendizitis. Radiologe (1993) 33:399-406
6. Bilbey JH, Gibney RG, Cooperberg PL: Ultrasonography in acute appendicitis. Can Assoc Radiol J 1989; 40(1):22-4
7. Blank W, Braun B: Die Sonographie in der Diagnostik der Appendizitis. Z Gastroentero 1998; 26(11):708-14
8. Böcker, Denk, Heitz: Pathologie. 2. Auflage. München. Urban & Fischer, 2001, 673ff
9. Bornhoeft G: Pathologie Kompakt. Berlin. Springer, 1997, 142ff
10. Chen SC, Chen KM, Wang SM, Chang KJ: Abdominal sonography screening of clinically diagnosed or suspected appendicitis before surgery. World J Surg 1998; 22(5):449-52

11. Dilley, 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. *Journal of pediatric surgery* (2001) Vol.36 no.2: 303-308
12. Doria A. S., Moineddin R., Kellenberger C. J., Epelman M., Beyene J., Schuh S., Babyn P. S., Dick P. T. Ultrasound or Computertomography for diagnosis of appendicitis in children and adults? *Radiology* (2006) 241: 83-94
13. Eriksson S: Acute Appendicitis - Ways to improve diagnostic accuracy. *Eur J Surg* 1996; 162. 435-442
14. Fa EM, Cronan JJ: Compression ultrasonography as an aid in the differential diagnosis of appendicitis. *Surg Gynecol Obstet* 1989; 169(4):290-8
15. Flum D. R., Mc Clure T. D., Morris A., Koepsell T. Misdiagnosis of appendicitis and the use of diagnostic imaging. *Journal of American college of surgeons* (2005) 6: 933-939
16. Ford R, Passinault W J: Diagnostic ultrasound for suspected appendicitis. Does the added cost produce a better outcome? *Am Surg* 1994;60:895-8
17. Franke C, Bohner H, Ohmann C, Roher HD: Ist die Ultraschalluntersuchung bei der akuten Appendizitis verzichtbar? *Langenbecks Arch Chir Suppl II(Kongressbd)*1998; 115:1114-6
18. Franke C, Bohner H, Yang Q, Ohmann C, Roher HD: Ultrasonography for Diagnosis of acute appendicitis. *World J Surg.* 1999; 23(2):141-6
19. Garcia Pena, B., Cook, F., Mandl, K. Selective imaging strategies for the diagnosis of appendicitis in children. *Pediatrics* (2004) Vol.113 no.1: 24-28
20. Hahn H, Höpner F, Kalle T.v, Macdonald E, Prantl F: Appendizitis im Kindesalter. *Radiologe* 1997; 37:454-458
21. Heistermann H.P, Joosten U, Krawzak H. W, Hohlbach G: Der Einfluss der Darmsonographie auf die chirurgische Verfahrenswahl bei akuten Bauchschmerzen. *Ultraschall in Med.* (16 )1995; 288-292

22. Hoecker C. C., Billman G. F. The utility of unenhanced computed tomography in appendicitis in children. *The Journal of emergency medicine* ( 2005) Vol.28 no.4: 415-421
23. Izbicki J. R, Wilker D. K, Mandelkow H. K: Retro- und prospektive Untersuchung zur Wertigkeit klinischer und laborchemischer Daten bei der akuten Appendizitis. *Chirurg* (1990)61:887
24. Jahn H, Mathiesen FK, Neckelmann K, Hovendal CP: Comparison of clinical judgement and diagnostic ultrasonography in the diagnosis of acute appendicitis. *Eur J Surg* 1997; 163(6):433-43
25. Jeffrey RB Jr, Laing FC, Lewis FR: Acute Appendicitis. High-Resolution real-time US findings. *Radiology* 1987; 163(1):11-4
26. Kaiser, S., Jorulf, H., Södermann, E., Frenckner, B. Impact of radiologic imaging on the surgical decision-making process in suspected appendicitis in children. *Acad Radiology*, 2004, no.11:971-979
27. Kaneko K., Tsuda M. Ultrasound-based decision making in the treatment of acute appendicitis in children. *Journal of pediatric surgery* (2004) Vol.39 no.9: 1316-1320
28. Karakas, S.P. et al. Acute appendicitis in children: comparison of clinical diagnosis with ultrasound and CT imaging. *Pediatr. Radiol.* (2000) 30:94-98
29. Klein, M.D., Rabbani, A., Rood, K., Durham, T., Rosenberg, N., Bahr, J., Thomas, R., Langenburg, S., Kuhns, L. Three quantitative approaches to the diagnosis of abdominal pain in children: practical applications of decision theory. *Journal of pediatric surgery* (2001) Vol 36 no.9: 1375-1380
30. Lessin M.S., Chan M., Catalozzi M., Gilchrist B. F., Richards C., Manera L., Wallach M. T., Luks F. I. Selective use of ultrasonography for acute appendicitis in children. *American Journal of surgery* (1999) 177: 193-196
31. Meiser G, Meissner K, Sattlegger P: Ultraschalluntersuchung bei akuter Appendizitis. *Ultraschall Med* 1987; 8(4):197-202

32. Newman K., Ponsky T., Kittel K., Dyk L., Throop C., Gieseke K., Sills M., Gilbert J. Appendicitis 2000: Variability in practice, outcomes and resource utilization at thirty pediatric hospitals. *Journal of pediatric surgery* (2003) Vol.38 no.3: 372-379
33. Podevin G., Barussaud M., Leclair M.-D., Heloury Y. Appendicitis and appendicular peritonitis in children. *EMC Pédiatrie* 2, 2005, 211-219
34. Pohl D, Golub R, Schwartz GE: Appendiceal ultrasonography performed by nonradiologists. *J Ultrasound Med* 1998; 17(4):217-21
35. Puylaert JB, Imaging and intervention in patients with acute right lower quadrant disease. *Balliere's Clinical Gastroenterology* vol.9, no.1, march 1995
36. Puylaert JB. Acute appendicitis: Ultrasound Evaluation using graded compression. *Radiology* 1986; 158: 355-360
37. Quillin SP, Siegel MJ. Appendicitis in children: colour Doppler sonography. *Radiology*. 1992; 184:745-7
38. Ramachandran, P., Sivit, C.J., Newman K.D., Schwartz M.Z. Ultrasonography as an adjunct in the diagnosis of acute appendicitis: A 4-Year Experience
39. Remmele W. *Pathologie Bd. 2 Verdauungstrakt. 2. Auflage.* Berlin. Springer, 1996, 489ff
40. Riesner KP, Tittel A, Troung SN: Der Wert der Sonographie in der Routinediagnostik der akuten Appendicitis. *Leber Magen Darm* 24(1/94)16-22
41. Rowe, Marc I. Diagnosis and treatment: Appendicitis in childhood. *Pediatrics* (1966) Vol.38 no.6 1057ff.
42. Shinbrot RG, Miller HR: Ultrasonographic evaluation of acute appendicitis. *J Am Osteopath Assoc* 1992; 92(1):90-4
43. Simonowsky V. Sonographic detection of normal and abnormal appendix. *Clinical radiology* (1999) 54: 533-539
44. Skanne P, Schistad O, Amland PF: Routine Ultrasonography in the diagnosis of acute appendicitis. *Am Surg* 1997; 63(11):937-42

45. Smink D. S., Finkelstein J. A., Garcia Pena B. M., Shannon M. W., Taylor G. A., Fishman S. J. Diagnosis of acute appendicitis in children using a clinical practice guideline (2004) Vol.39, no.3: 458-463
46. Takada T, Yasuda H, Uchiyama K, Hasegawa H, Shikata J. Ultrasonographic diagnosis of acute appendicitis in surgical indication. Int Surg. 1986 Jan-Mar;71(1):9-13.
47. Van den Broek W. T., van der Ende E. D., Bijnen A. B., Breslau B.J., Gouma D. J. Which children could benefit from additional diagnostic tools in case of suspected appendicitis? Journal of pediatric surgery (2004) Vol.39 no.4: 570-574
48. Woolf N: Pathology Basic and systemic. London. Saunders,1998, 530ff
49. Wüstner M, Horst F, Neufang T, Becker H: Einfluss der Sonographie auf Appendektomie und Laparoskopiefrequenz. Langenbecks Archiv Chir Suppl II(Kongressbd)1998; 115:111
50. York D., Smith A., Duncan Phillips J., von Allmen D. The influence of advanced radiographic imaging on the treatment of pediatric appendicitis. Journal of pediatric surgery (2005) 40: 1908-1911
51. Zeidan BS, Wasser T, Nicholas GG: Ultrasonography in the diagnosis of acute appendicitis. J R Coll Surg Edinb 1997; 42(1):24-6
52. Zielke A, Hasse C, Sitter H, Rothmund M: Influence of ultrasound on clinical decision making in acute appendicitis. Eur J Surg 1998; 164(3):201-9

## **Eidesstattliche Erklärung**

"Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der "Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis" niedergelegt sind, eingehalten."

Jutta Hartmann-Armbruster

## Danksagung

Zunächst möchte ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. med. Gerhard Alzen, Leiter der Abteilung für Kinderradiologie der Justus-Liebig-Universität Gießen, für die freundliche Überlassung des Themas und seine stets geduldige und engagierte Betreuung bei der Fertigstellung meiner Arbeit bedanken.

Frau Dipl.-Ing. Claudia Lämmler, Medizintechnikerin in der Abteilung für Kinderradiologie der Justus-Liebig-Universität Gießen, danke ich für ihre Mithilfe bei der Datenerhebung.

Die statistische Analyse der Daten erfolgte in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe für Medizinische Statistik am Institut für Medizinische Informatik. Besonders danke ich Herrn Dr. Rolf-Hasso Bödeker und Frau Christine Scheibelhut, die mich bei der statistischen Auswertung beraten haben.

Außerdem möchte ich mich bei den Mitarbeitern des Instituts für Pathologie für die Bereitstellung der histopathologischen Aufnahmen bedanken.

Mein persönlicher Dank gilt meinen Eltern und meinem Mann Uli für die liebevolle und geduldige Unterstützung.



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
redaktion@doktorverlag.de  
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5767-1



9 783835 195767 1