

**Aus dem Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
der Universität Würzburg**

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Thorsten Alexander Bley

**Radiologischer Routineultraschall bei Verdacht auf
Appendizitis:
Retrospektive Analyse der diagnostischen Wertigkeit**

**Inaugural – Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

vorgelegt von

**Tobias Baldauf
aus Brotterode-Trusetal, Deutschland**

Würzburg, Juni 2018

Referent: Prof. Dr. Matthias Beisert

Korreferent: Prof. Dr. Thomas Wurmb

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 26.11.2019

Der Promovend ist Arzt

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Epidemiologie der Appendizitis	3
1.2	Ätiologie und Pathogenese der Appendizitis	4
1.3	Anatomie und Histopathologie	4
1.4	Diagnostik der Appendizitis	5
1.4.1	Symptome	5
1.4.2	Klinische Zeichen.....	6
1.4.3	Labordiagnostik	7
1.4.4	Bildgebende Verfahren	7
1.4.5	Differenzialdiagnosen der Appendizitis	10
1.5	Therapie	12
1.6	Komplikationen.....	13
1.7	Fragestellung	13
2	Materialien und Methoden.....	14
2.1	Datenerhebung	14
2.2	Statistische Verfahren	15
2.3	Technische Gerätschaften	15
3	Ergebnisse	15
3.1	Patientengut.....	15
3.2	Klinischer Befund	17
3.3	Fragestellung in Anforderung	20
3.4	Darstellbarkeit und Durchmesser der Appendix	21
3.5	Indirekte Appendizitiszeichen.....	28
3.5.1	Freie abdominelle Flüssigkeit	28
3.5.2	Lymphknoten	30
3.6	Operation	31
3.7	Histopathologischer Befund	33
3.8	Outcome.....	34
3.9	Laborwerte	35
3.9.1	Pathologische Leukozytenzahl	35
3.9.2	Pathologischer CRP-Wert.....	37
3.9.3	Kombinierte Laborwerte.....	38
3.10	Temperaturdifferenz.....	39

3.11	Intraoperative Einschätzung.....	40
3.12	Logistische Regressionsanalyse.....	41
4	Diskussion.....	43
4.1	Klinik.....	43
4.2	Sonographie.....	45
4.3	Labor.....	47
4.4	Intraoperative Einschätzung.....	48
4.5	Histopathologischer Befund	49
4.6	Outcome.....	50
4.7	Grenzen	52
5	Zusammenfassung.....	52
6	Literaturverzeichnis	53
7	Abbildungsverzeichnis.....	57
8	Tabellenverzeichnis	57

1 Einleitung

Die akute Appendizitis ist eine der häufigsten und mitunter auch gefährlichsten (da potentiell komplikationsbehaftet) Diagnosen bei der Einlieferung eines Kindes mit Bauchschmerzen in ein Krankenhaus. Je jünger das Kind ist, desto größer ist die Perforationsgefahr. Vor dem 3. Lebensjahr kommt eine Appendizitis jedoch selten vor. Das größte Problem in der Behandlung der Krankheit stellt noch immer die rechtzeitige und richtige Erkennung des akuten Stadiums der Entzündung dar, um einen fatalen Ausgang bei einer Perforation zu verhindern. Andererseits besteht bei einer zu großzügigen Operationsindikation nicht entzündeter Wurmfortsätze (*lat.* Appendix) die Gefahr gehäufter Spätkomplikationen. Ziel der Diagnosefindung sollte es daher sein, gefährliche Verläufe der Appendizitis zu detektieren (um einer potentiell drohenden Perforation mit einer Operation vorzubeugen), jedoch auch nicht entzündliche Appendices zu erkennen. Die Diagnosestellung beruht heutzutage nicht mehr alleine auf der klinischen Untersuchung mit ihren oft klassischen klinischen Zeichen, Laborbefunden, Erhebung der Anamnese und Ähnlichem, sondern zunehmend auch mit bildgebenden Verfahren. Hier ist vorrangig die Sonographie zu nennen (vergl. Kapitel 1.4.4).

1.1 Epidemiologie der Appendizitis

Die Inzidenz der akuten Appendizitis liegt in Europa und Amerika bei ca. 100 pro 100000 Einwohner im Jahr¹. Die höchste Inzidenz liegt dabei im Alter zwischen 10 und 19 Jahren bei 233 pro 100000 Einwohner im Jahr².

Die Inzidenz von unkomplizierten Appendizitiden hat sich in den letzten Jahren stärker verringert, als die der komplizierten Appendizitiden³. Das Risiko im Laufe des Lebens einmal an einer Appendizitis zu erkranken beträgt kumulativ 6%⁴.

1.2 Ätiologie und Pathogenese der Appendizitis

Ursächlich für die Entzündung der Appendix ist eine Obstruktion oder Verlagerung des Lumens durch Kotsteine oder Fremdkörper, ebenso das Abknicken des Wurmfortsatzes oder auch intestinale Infekte. Durch dieses Passagehindernis kommt es zu einer venösen Stauung, welche die Keimvermehrung begünstigt. Oft ist die körpereigene Darmflora verantwortlich. Generell verursachen Bacteroides-Spezies, Escherichia coli und Streptokokken am häufigsten eine Appendizitis. Außerdem kommen auch Masern-, Mumps- und Grippeviren sowie Würmer und Parasiten als Auslöser in Frage^{5,6}. Als Verursacher einer endogenen Infektion für die gangränöse, perforierte Appendizitis wird als Leitkeim Bilophia wadsworthia angegeben^{6,7}.

1.3 Anatomie und Histopathologie

Die Appendix vermiformis befindet sich medial am Zökum und somit intraperitoneal im rechten, unteren Quadranten des Abdomens. Zu ca. 65% liegt sie nach oben geklappt und projiziert sich so in sagittaler Ansicht bei einer Entzündung auf den MCBURNEY-Punkt. Bei ungefähr 31% der Patienten weist sie nach kaudal in das kleine Becken und projiziert sich dann auf den LANZ-Punkt⁸. Histologisch ist die Appendix wie das Colon mit Mucosa, Submucosa, Muskularis und Serosa aufgebaut. Nur ist die Längsmuskelschicht bei ihr durchgängig. Die Schleimhaut ist reich an Lymphfollikeln.

Histopathologisch lässt sich die Appendizitis in mehrere Stadien einteilen. Diese sind in Tab. 1 zusammengefasst⁹:

Tab. 1: Chirurgischer Eindruck vs. Histologie

	Zeit	Makroskopisch	Mikroskopisch
Appendicitis erosiva/Primäraffekt	6 h	gerötete Serosa	Schleimhauterosion, Granulozyten
Appendicitis phlegmonosa	12 h	Rötung, Verdickung	Erosion, transmurale Ausbreitung des Infiltrats
Appendicitis ulcerophlegmonosa	24 h	Fibrinbeläge, multiple Schleimhautdefekte	Ulzerationen
Appendicitis ulcerophlegmonosa et abscedens	48 h	Fibrinbeläge, gelbe Eiterherde	Abszesse in der Mukosa, zahlreiche Gewebnekrosen
Appendicitis gangraenosa	72 h	schwarzrote Farbe, Übergriff auf umliegendes Gewebe	Nekrosen, Besiedelung mit Fäulnisbakterien

1.4 Diagnostik der Appendizitis

1.4.1 Symptome

Die typische Krankheitsgeschichte der Patienten entwickelt sich mit beginnenden Schmerzen paraumbilikal. Vorrausgehend ist dabei eine kurze Phase von Übelkeit, Erbrechen, allgemeinem Unwohlsein und Fieber. Dann wandert der Schmerz vom Epigastrium in den rechten Unterbauch. Auch beim Gehen und vor allem beim Hüpfen auf dem rechten Bein treten diese Schmerzen auf. Oft betritt der Patient das Untersuchungszimmer gebückt und winkelt die Beine auf der Untersuchungsliege an. Dies zeugt von einer generellen abdominalen Abwehrspannung¹⁰. Diese klassische Symptomkombination trifft jedoch nicht immer zu. Bei der klinischen Untersuchung verspürt der Erkrankte einen spontanen, ziehenden Schmerz und einen Druckschmerz im rechten unteren Quadranten des Abdomens, entweder über dem MCBURNEY-Punkt oder dem LANZ-Punkt. Außerdem klagt er auf der

Gegenseite über einen Klopf- und Loslassschmerz, sowie über einen Douglasschmerz bei der digital-rektalen Untersuchung.

1.4.2 Klinische Zeichen

Die Diagnose einer Appendizitis lässt sich nach wie vor anhand der klinischen Zeichen (Tab. 2) die bereits ab dem 19. Jahrhundert beschrieben worden sind stellen.

Tab. 2: Klinische Zeichen¹¹

J. BURNE	1837	Beschreibung der Hauptsymptome
MCBURNEY	1889	McBurney'scher Schmerzpunkt
LENNANDER	1893	axillo-rektale Temperaturdifferenz
R. C. CABOT	1897	Leukozytenanstieg bei Appendizitis
BLUMBERG	1907	Blumberg'sches Zeichen
ROVSING	1907	Rovsing'sches Zeichen
LANZ	1908	Lanz'scher Druckpunkt

Der Schmerzpunkt von MCBURNEY befindet sich im rechten Drittel einer gedachten Linie, welche zwischen Spina iliaca anterior superior rechts und Bauchnabel verläuft. Der LANZ-Schmerzpunkt liegt im rechten Drittel einer Linie zwischen den Spinae iliacae anteriores superiores^{8,9}. Dort ausgelöster Loslassschmerz ist als Blumberg Zeichen bekannt. Dieser kann auch auf der Gegenseite vorkommen, als so genannter gekreuzter Loslassschmerz⁶. Eine axillo-rektale Temperaturdifferenz von $\geq 0,8^{\circ}\text{C}$ spricht für ein lokales Geschehen im Unterbauch⁹. Laut ROVSING kann es beim retrograden Ausstreichen des Colonrahmens in Richtung Appendix ebenfalls zu Schmerzen kommen. Des Weiteren sind der Psoas-Dehnungsschmerz (Flexion des rechten Beines im Hüftgelenk gegen einen Widerstand) und der Douglas-Schmerz, der bei digital-rektaler Untersuchung auftritt, bekannt.

1.4.3 Labordiagnostik

Die Laboruntersuchung bei einem Verdacht auf eine Appendizitis beschränkt sich in den meisten Fällen auf die Leukozytenzahl und den CRP-Wert. Beträgt die Zahl der Leukozyten im Blut über 10.000/µl bzw. bei Kindern über 14.000/µl und liegt der CRP-Wert über 0,5 mg/dl, so liegt mit Sicherheit eine Entzündung vor. In Zusammenschau mit den klinischen Zeichen sind die Laborwerte somit ein wichtiger Hinweis auf eine mögliche Appendizitis¹². Die Höhe des CRP-Wertes korreliert dabei mit dem Grad der Entzündung¹³. Der negative Vorhersagewert aus der Kombination der beiden Parameter beträgt 84%¹⁴. Dies bedeutet, dass bei normaler Anzahl von Leukozyten und bei normalen CRP-Wert in 84% der Fälle keine Appendizitis vorliegt. Der positive prädiktive Wert liegt dabei mit 71% etwas darunter¹⁴. Sicher bestätigen oder ausschließen lässt sich eine akute Appendizitis alleine mit der Labordiagnostik allerdings nicht¹⁵. Sie kann zumindest Hinweise geben um eine akute Appendizitis auszuschließen.

1.4.4 Bildgebende Verfahren

Zu den wichtigsten bildgebenden Verfahren einer akuten Appendizitis gehören die Sonographie (*Syn.* Ultraschall) und die Computertomographie (CT). Aufgrund der nicht unerheblichen Strahlenexposition wird meist, insbesondere bei Kindern und jüngeren Patienten auf eine Computertomographie als primäre radiologische Untersuchung verzichtet. Bei schwangeren und jüngeren Patienten kann alternativ zum Beispiel eine Magnetresonanztomographie (MRT) zum Einsatz kommen¹⁶. Jedoch sind auch bei dieser Untersuchungsmodalität die Kontraindikationen zu beachten und die Vorteile (keine ionisierende Strahlung, hohe Aussagekraft, etc.) gegenüber den Nachteilen (geringere Verfügbarkeit, längere Untersuchungsdauer, Kosten, etc.) abzuwägen. Als drittes Schnittbildverfahren neben CT und MRT ist die Sonographie zu nennen. Bei ihr wird ebenfalls keine ionisierende Strahlung freigesetzt; sie ist nicht invasiv¹⁷, vielerorts verfügbar, rasch durchzuführen und

kostengünstig. Dabei ist jedoch zu beachten das es sich bei der Sonographie um ein (mehr oder weniger stark) untersucherabhängiges Verfahren handelt¹⁸.

Bei der sonographischen Exploration lassen sich die Zeichen einer Appendizitis in zwei Gruppen einteilen, die direkten und die indirekten. Zu den direkten Zeichen zählt ein Durchmesser der Appendix von über sechs Millimeter im Querdurchmesser und die sogenannte „pathologische Kokarde“ oder auch „Zielscheibenstruktur“ (Abb. 1, 2).

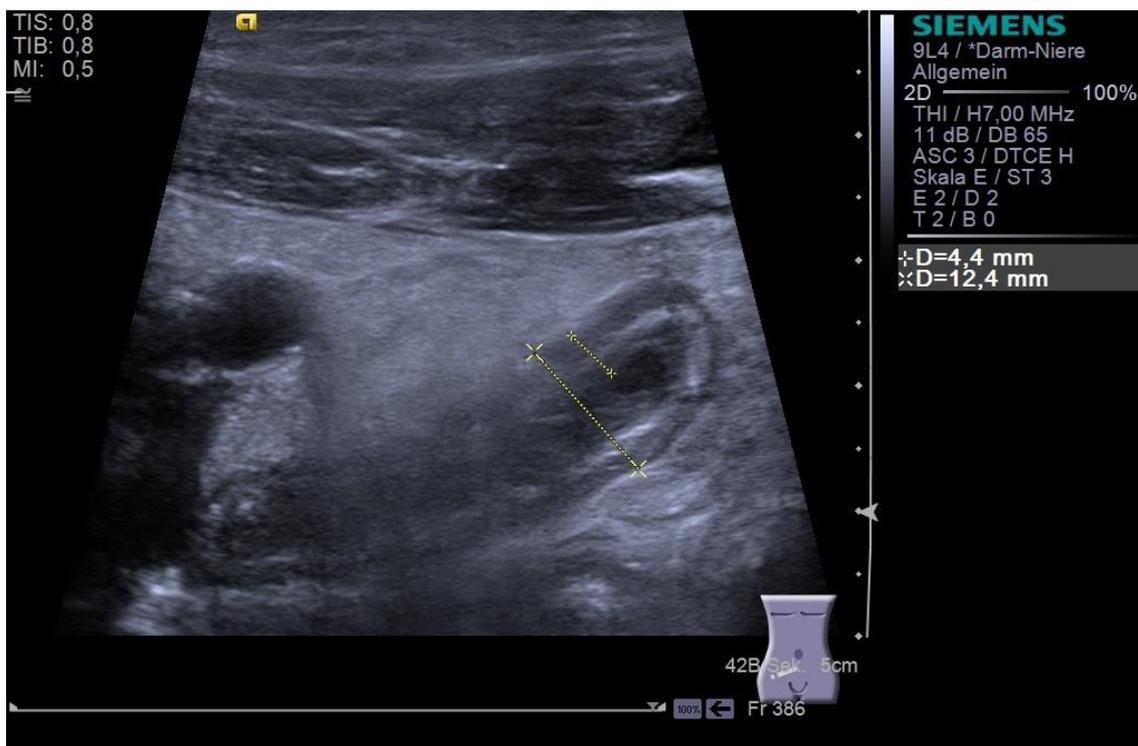


Abb. 1: Typisches Bild einer Appendizitis im Längsschnitt

In Abbildung 1 sieht man eine typische Appendizitis längs angeschnitten mit einem Durchmesser von 12,4 mm. In Abbildung 2 ist bei demselben Patienten die Appendizitis quer angeschnitten. Zu sehen ist das sonographische Zeichen der pathologischen Kokarde.

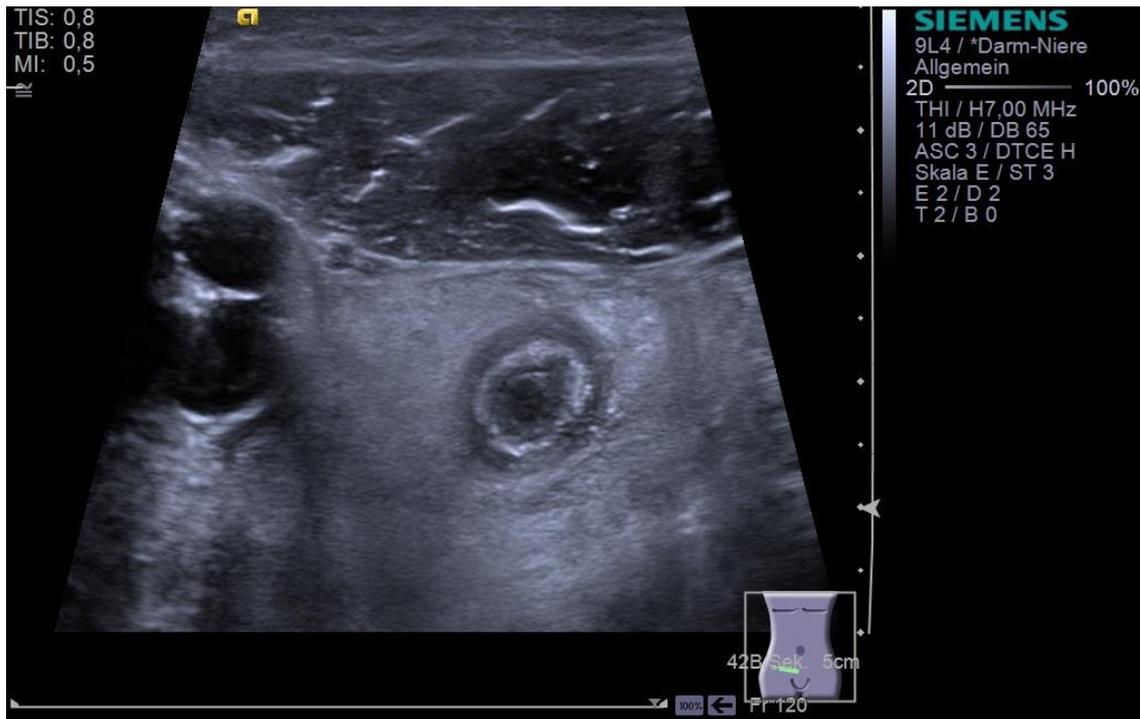


Abb. 2: Typisches Bild einer Appendizitis im Querschnitt

Die Wandschichtung erscheint verwaschen und die Appendix lässt sich mit dem Schallkopf nicht mehr komprimieren. Ursache dafür ist eine intraluminalen Flüssigkeitsansammlung¹⁹. Ein weiterer Hinweis kann ein intraluminal gelegener Kotstein (*lat.* Appendicolith) oder Fremdkörper sein. Zu den indirekten Zeichen gehören die Ansammlung freier abdomineller Flüssigkeit, vor allem perizökal, eine loko-regionäre Lymphknotenvermehrung und -vergrößerung, eine zökale Wandverdickung und eine entzündliche Mitreaktion des perizökalen Fettgewebes, welche sich in der Sonographie echoreich darstellt¹⁴. Des Weiteren eignet sich die Sonographie zum Ausschluss anderer Differenzialdiagnosen, wie z.B. der Tubargravidität¹⁸, der Cholezystitis oder von Harntransportstörungen.

Ist die Appendix nicht zu finden, können die Ursachen dafür mannigfaltig sein: dem Untersucher mangelt es an Erfahrung¹⁸, der Patient ist adipös, der Darm ist meteoristisch aufgebläht oder koprostatisch. Fett, Luft und fester Stuhl schränken die Bildqualität der Sonographie ein^{20,21}. In einzelnen Studien wurde

festgestellt, dass Fettleibigkeit nicht zu einer schlechteren Darstellbarkeit einer Appendizitis bei Kindern führt. Dies widerspricht allerdings den meisten anderen Untersuchungen²². Zudem kann es vorkommen, dass der Patient aufgrund der Schmerzen nicht hinreichend kooperativ ist und dadurch eine Diagnosestellung erschwert werden kann.

Es konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass die sonographischen Zeichen sehr spezifisch sind. Die Spezifität variiert zwischen 82 % und 100 %, im Mittel liegt sie bei 95 %²³. Daraus lässt sich ableiten, dass ein eindeutiger sonographischer Befund einer Operation zugeführt werden soll¹⁹. Die Kombination aus klinischem Befund und sonographischer Untersuchung kann die Sensitivität und Spezifität noch weiter erhöhen und die negative Appendektomie rate senken²⁴. Zudem kann eine bildgebende Diagnostik - in erster Linie die Sonographie - die möglichen Komplikationen und die klinischen Kosten einer Negativappendektomie senken. Bei unklarem Krankheitsbild und nicht eindeutigen sonographischen Befunden sollte eine Computertomographie durchgeführt werden²⁵.

1.4.5 Differenzialdiagnosen der Appendizitis

Die Appendizitis ist der häufigste Anlass für die Diagnose akutes Abdomen²⁶. Trotzdem sind die Differenzialdiagnosen sehr vielfältig. Sie betreffen dabei mehrere Organsysteme: den Gastrointestinaltrakt, den Uterus mit Adnexen, die urologischen Organe, sowie Lunge und Herz. Eine Auswahl an differentialdiagnostisch zu bedenkenden Erkrankungen zeigt Tab. 3^{6,9}.

Tab. 3: Differenzialdiagnosen Appendizitis

GI-Trakt	akute Gastroenteritis, M. Crohn, Sigmadivertikulitis, Cholezystitis, Pankreatitis, Meckel-Divertikel, Adhäsionen, Invaginationen, Netztorsionen, Ulcus ventriculi et duodeni, Darmperforation, inkarzerierte Leistenhernie, Ileus, Volvulus, Reizdarm, Obstipation, Karzinoide der Appendix, Appendicitis epiploica
Uterus + Adnexe	Tubargravidität, Adnexitis, stielgedrehte Ovarialzyste, Dysmenorrhoe, Ovulationsschmerz, Endometriose, Ovarialvenenthrombose
urologische Organe	Urämie, retroperitonealer Prozess der rechten Niere, Urolithiasis, Pyelonephritis, Harnwegsinfektionen, Harntransportstörung, Hodentorsion
Lunge	basale Pneumonie, Pleuritis
Herz	Herzinfarkt, Aortenaneurysma
andere	Porphyrie, Psoasabszess, Ketoazidose bei Diabetes mellitus, Purpura Schönlein-Henoch, Lymphadenitis mesenterica

Die Bedeutung einer chronischen Appendizitis wird in der Literatur bis heute kontrovers diskutiert. Manche Patienten weisen nach konservativem Therapieversuch chronische, rezidivierende Verlaufsformen auf²⁷. Dabei verspüren sie – ähnlich wie bei der akuten Appendizitis – Schmerzen im rechten Unterbauch, die meist intermittierend auftreten und sich spontan zurückbilden. Die chronische Entzündungsreaktion verursacht eine Fibrosierung der Wandschichten mit narbigen Einengungen. REMMELE nennt folgende histomorphologische Kennzeichen: Infiltration der Lamina propria mit Lymphozyten, Histiocyten und Plasmazellen; Epitheldefekte im Oberflächen- und Kryptenepithel; ggf. Hyperplasie des lymphatischen Gewebes²⁸. Sollte nach mehreren solcher Episoden und nach Prüfung der Differenzialdiagnosen die Symptomatik weiter bestehen, so ist in diesem Fall die Operationsindikation für eine elektive Appendektomie gegeben²⁹. MUSSACK et al zeigten hierzu in einer prospektiven Studie von 2002, dass bei drei Vierteln aller Patienten mit

klinisch nicht-akuten Schmerzen im rechten Unterbauch histologisch die Kriterien einer chronischen Entzündung zu finden waren. 93% dieser Patienten waren nach einer Operation langfristig beschwerdefrei. Daher sollte bei rezidivierenden oder über sieben Tage persistierenden Schmerzen im rechten Unterbauch von einer chronischen Appendizitis ausgegangen und die elektive Appendektomie empfohlen werden²⁹.

1.5 Therapie

Bei der Therapie der Appendizitis gibt es generell zwei Verfahren, die konservative Therapie und die operative Appendektomie. Standard ist hierbei das operative Vorgehen²⁶, da bei der konservativen Therapie die Gefahr des Fortschreitens der Entzündung und somit einer Perforation besteht. Ziel der Therapie ist es, das frühzeitige Übergreifen der Entzündung auf das Peritoneum zu vermeiden.

Die Appendektomie kann auf zweierlei Weise durchgeführt werden, offen oder laparoskopisch. Beide Verfahren gelten als sicher und sind hinsichtlich der ursprünglichen Symptome der Patienten als gleichwertig zu betrachten³⁰. Für die offene Appendektomie spricht die kürzere Operationszeit und die damit verbunden geringeren Kosten³¹. Laparoskopisch operierte Patienten erholen sich schneller und entwickeln sehr viel seltener Wundheilungsstörungen. Gerade adipöse Patienten zeigen sich für postoperative Wundheilungsstörungen besonders anfällig. Auch Patienten mit einer langen Appendix, welche bis in das kleine Becken reicht, sowie Adhäsionen der Appendix nach vorheriger abdomineller Operation, sollten einer Laparoskopie zugeführt werden³². Bei Frauen im gebärfähigen Alter wird überwiegend laparoskopisch operiert, da die Beurteilung der Adnexen Teil der Operation sein soll^{26,31}. So können intraoperativ gynäkologische Differenzialdiagnosen ausgeschlossen sowie das mögliche Vorhandensein eines Meckel-Divertikel nachgewiesen werden. Ein Nachteil ist jedoch, dass bei fortgeschrittener Appendizitis nach laparoskopischer Operation eine erhöhte Rate an postoperativen intraabdominellen Abszessen zu finden ist³⁰. Bei weit

fortgeschrittenen Entzündungen sollte daher die offene Appendektomie durchgeführt werden³³.

Die Operation wird durch die Gabe von Antibiotika ergänzt. Zum Einsatz kommen beispielsweise Cephalosporine und Metronidazol. Dies führt zu einer Abschwellung des entzündeten lymphatischen Gewebes, und die Durchblutungsstörungen schwinden. Eine Nekrose wird auf diese Weise verhindert³⁴.

Das konservative Vorgehen wird bei Kindern zurückhaltend eingesetzt. Es wird mit Nahrungskarenz, Flüssigkeitssubstitution und Antibiotikagabe durchgeführt. Dieses Vorgehen sollte sich jedoch auf die Anfangsstadien der Appendizitis beschränken³⁵. Um diese abzuschätzen eignet sich besonders die Sonographie³⁶. Es wurden außerdem bereits verschiedene Score Systeme etabliert um eine unnötige Operation zu vermeiden und damit die negative Appendektomierate zu senken^{37,38}. Diese Score Systeme sollten mit einem bildgebenden Verfahren kombiniert werden um ihre Aussagekraft weiter zu verbessern³⁹.

1.6 Komplikationen

Die möglichen Komplikationen einer nicht rechtzeitig therapierten akuten Appendizitis sind Perforation, perityphlitischer Abszess, Darmpassagestörungen, Peritonitis, Sepsis, bei retrozökaler Lage auch Entzündung der Blasenwand oder des Ureters sowie ein Psoasabszess^{18,31}.

1.7 Fragestellung

Ziel der Diagnostik bei Verdacht auf eine akute Appendizitis muss es sein, gefährliche Verläufe zu erkennen und diese zügig einer Therapie zuzuführen. Des Weiteren sollte ein Normalbefund nicht mit einer Pathologie verwechselt werden, woraus eine unnötige Operation mit möglichen Komplikationen folgen würde. Daher war das Ziel dieser Arbeit, die diagnostische Wertigkeit des allgemeinradiologischen Appendixschalls in der Routinediagnostik bei

pädiatrischen und adulten Patienten zu analysieren. Dabei wurde insbesondere auf folgende Fragestellungen eingegangen: Welchen Beitrag kann die Sonographie zur Diagnose oder zum Ausschluss einer akuten Appendizitis leisten? Kann sie die Negativappendektomierate senken? Was sind Störfaktoren bei der Darstellbarkeit der Appendix?

Untersucht wurden weiterhin die Zusammenhänge der klinischen Zeichen und Laborbefunde mit dem Outcome. Hieraus ergaben sich weitere Fragestellungen: Welchen Stellenwert haben Laborparameter und klinische Zeichen in der Appendizitis Diagnostik? Ist eine Kombination verschiedener Faktoren sinnvoll? Ist die pathologische oral-rektale beziehungsweise axillär-rektale Temperaturdifferenz noch von Bedeutung?

2 Materialien und Methoden

2.1 Datenerhebung

Zur Korrelation zwischen den Parametern BMI, sonographischem Befund und klinischen Zeichen mit der Beurteilung des histopathologischen Befundes im Falle einer Operation, wurden Daten aus den Patientenakten via elektronischer Krankenakte herausgesucht. Diese beinhalteten das Geschlecht, das Alter, die Uhrzeit der Aufnahme, Größe und Gewicht (und damit auch den BMI), klinische Zeichen bei Aufnahme, orale und rektale Temperatur, den Sonographiebefund inklusive indirekter Zeichen und Problemen, Laborparameter (Leukozytenzahl in Abhängigkeit des Alters, CRP) bei Aufnahme, die Operationsart, der histopathologische Befund, das Entlassungsdatum und die Enddiagnose des stationären Aufenthaltes. Diese Daten wurden zunächst in einer Excel-Tabelle erfasst. Dabei war nicht in allen Akten Größe, Gewicht und Temperatur dokumentiert. Daher konnten in den jeweiligen Korrelationen nur diejenigen Patienten berücksichtigt werden, von denen die genannten Daten vorlagen. Stellte sich ein Patient mehrfach im genannten Zeitraum vor, war diejenige Untersuchung ausschlaggebend, die der therapeutischen Entscheidungsfindung unmittelbar vorausgegangen ist. Bei der Weiterverarbeitung der Patientendaten wurden keine patientenidentifizierenden

Daten verwendet. Es handelt sich bei dieser Arbeit um eine retrospektive Datenanalyse. Am Patienten wurden keine Interventionen oder Untersuchungen vorgenommen. Daher wurde gemäß den Bestimmungen am Universitätsklinikum Würzburg auf ein Ethikvotum verzichtet.

2.2 Statistische Verfahren

Zum Testen zweier kategorialer Variablen auf Korrelation wurde der Chi-Quadrat Test nach Pearson, bzw. bei kleineren Stichproben auch der exakte Test nach Fischer durchgeführt. Zur Überprüfung auf Normalverteilung der Shapiro Wilk Test. Einmal kam der u-Test nach Mann-Whitney zum Einsatz. Des Weiteren wurde eine logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Alle statistischen Untersuchungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS vorgenommen.

Das Signifikanzniveau wurde bei $p \leq 0,05$ festgelegt.

2.3 Technische Gerätschaften

Sämtliche Sonographien wurden an modernen Ultraschallgeräten durchgeführt. Zur Anwendung kamen ein ACUSON Sequoia 512 (Siemens Healthcare) mit 6 MHz Konvexschallkopf (6C2 Acuson Siemens Healthcare) bzw. 8 MHz Linearschallkopf (8LS Acuson Siemens Healthcare) sowie ein Antares (Siemens Healthcare) mit 3,5 MHz Konvexschallkopf bzw. 9 MHz Linearschallkopf.

3 Ergebnisse

3.1 Patientengut

Im Rahmen dieser Studie wurden Daten von 596 Patienten ausgewertet. Diese hatten sich in der Zeit vom 01.01.2008 bis 18.01.2009 aufgrund von Bauchschmerzen in der chirurgischen Notaufnahme der Universitätsklinik Würzburg vorgestellt oder waren von der Station zugewiesen worden. Im

Verlauf wurden diese mit der Frage nach Appendizitis sonographisch untersucht. Zwei Oberärzte und 15 Assistenzärzte der radiologischen Abteilung, welche sich im zweiten bis fünften Ausbildungsjahr befanden, nahmen die Untersuchungen vor. Jeweils zwei Sonographien wurden von den Oberärzten durchgeführt, von den Assistenten zwischen zwei und 78. Im Durchschnitt waren es 35 Untersuchungen pro Arzt. Auffällig ist, dass eine große Zahl von Sonographien von nur neun Ärzten vorgenommen wurde.

Unter allen untersuchten Personen waren 266 Patienten (44,6%) zwischen 3 und 16 Jahre alt, davon 134 weiblich und 132 männlich. Weitere 330 Patienten (55,4%) waren 17 bis 92 Jahre alt, davon 202 weiblich und 128 männlich. Diese Altersgrenze bildet die Grundlage der Einteilung in zwei Altersgruppen – eine Kinder- und Jugendgruppe und eine Erwachsenenengruppe.

Der Body Mass Index der Kinder- und Jugendgruppe wurde anhand von Perzentilen bestimmt⁴⁰.

Das Durchschnittsalter der Kinder- und Jugendgruppe war 11 ± 3 (Mittelwert \pm SD [*engl.* Standard deviation]) Jahre bei den Mädchen, 10 ± 3 Jahre bei den Jungen. Das geschlechtsunabhängige Durchschnittsalter lag bei $10,7 \pm 3$ Jahren (Median 11 Jahre; IQR [*engl.* interquartile range] 5 Jahre).

Die Größe der Mädchen lag bei 147 ± 19 cm und das Gewicht bei 42 ± 19 kg (BMI: 19 kg/cm^2 , SD 4). Die Jungen waren 143 ± 24 cm groß und im Durchschnitt ebenfalls 42 ± 22 kg (schwer (BMI: 19 kg/cm^2 , SD 6). Größe, Gewicht und BMI waren aber nur bei 94 Mädchen und 96 Jungen bekannt (71,4% der Jugendgruppe).

Von diesen 94 Mädchen mit bekannten BMI waren 13 übergewichtig (BMI Perzentile ≥ 90 ; 10%) und 8 adipös (BMI Perzentile > 97 ; 6%), bei den Jungen waren 12 übergewichtig (9%) und 15 adipös (11%).

Das Durchschnittsalter der Erwachsenenengruppe war 33 ± 17 Jahre bei den Frauen und 36 ± 17 Jahre bei den Männern. Das geschlechtsunabhängige Durchschnittsalter lag bei $33,9 \pm 17$ Jahren (Median 27 Jahre; IQR 20 Jahre).

Die Größe der Frauen lag bei 166 ± 6 cm und das Gewicht bei 65 ± 14 kg (BMI: 24 kg/cm^2 , SD 5). Die Männer waren 177 ± 8 cm groß und 77 ± 17 kg schwer (BMI: 25 kg/cm^2 , SD 6). Größe, Gewicht und BMI waren bei 147 Frauen und 99 Männern bekannt (74,5% der Erwachsenenengruppe).

Von diesen 147 Frauen waren 20 übergewichtig (BMI $\geq 25 \text{ kg/cm}^2$; 14 %) und 24 adipös (BMI $\geq 30 \text{ kg/cm}^2$; 12 %), bei den Männern waren 30 übergewichtig (30 %) und 10 adipös (8 %).

Insgesamt waren 34 % der untersuchten Erwachsenen übergewichtig oder adipös. Dies traf auf „nur“ 25 % der untersuchten Kinder und Jugendlichen zu.

3.2 Klinischer Befund

Abhängig von der Ausprägung der klinischen Zeichen wurden drei Kategorien gebildet: *unspezifisch*, *mögliche Appendizitis* und *Verdacht auf Appendizitis*. Patienten, welche lediglich Bauchschmerzen beklagten und der Verdacht eher auf einer anderen Erkrankung lag, wurden der Kategorie *unspezifisch* zugeordnet. Akute oder rezidivierende Schmerzen im rechten Unterbauch und ein typischer Krankheitsverlauf führte zu einer Einteilung in die Kategorie *mögliche Appendizitis*. In die letzte Kategorie hingegen wurden diejenigen Patienten eingeteilt, welche drei oder mehr typische klinische Zeichen einer akuten Appendizitis aufwiesen.

Insgesamt zeigten 257 Patienten (43%) eine *unspezifische Klinik*, bei 211 Patienten (35%) bestand eine *mögliche Appendizitis* und bei 128 Patienten (22%) ergab sich ein *konkreter Verdacht*.

Im Folgenden werden die Gruppe der Kinder und Jugendlichen und die der Erwachsenen getrennt betrachtet: Bei den Kindern hatten 102 (38%) eine *unspezifische Klinik*, 103 (39%) eine *mögliche Appendizitis* und bei 61 (23%) bestand ein *konkreter Verdacht*.

Bei den Erwachsenen hatten 155 (47%) eine *unspezifische Klinik*, 108 (33%) eine *mögliche Appendizitis* und bei 67 (20%) bestand ein *konkreter Verdacht*.

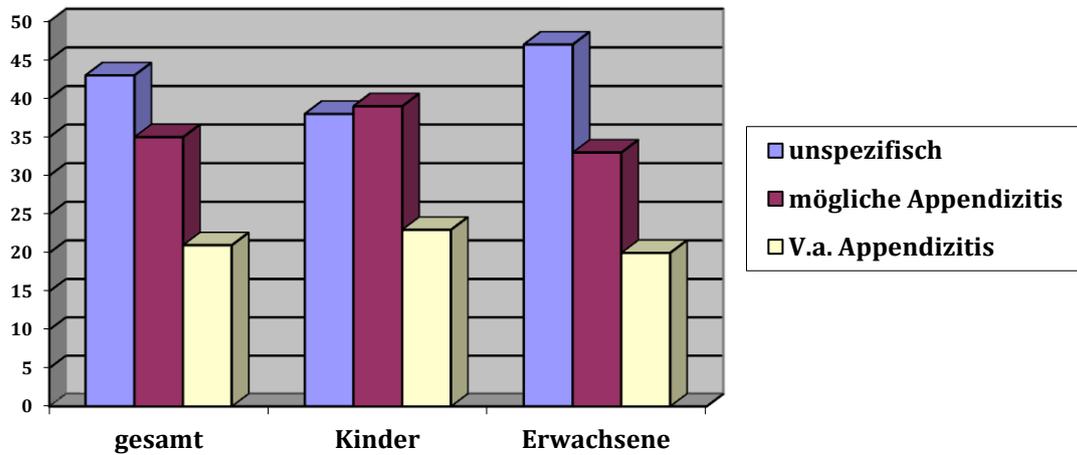


Abb. 3: Altersabhängigkeit klinische Zeichen

Eine Altersabhängigkeit besteht laut *Pearson Chi-Quadrat Test* zweiseitig nicht ($p=0,103$).

Es zeigte sich eine Geschlechtsabhängigkeit. Bei Männern wird häufiger ein klinischer Appendizitisverdacht gestellt ($p=0,004$).

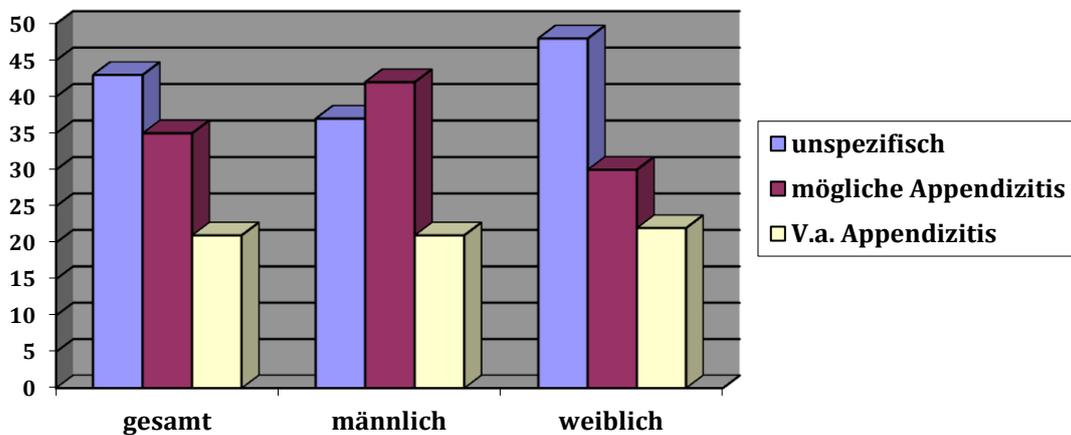


Abb. 4: Geschlechtsabhängigkeit klinische Zeichen

Stellt man die drei Kategorien in einer Tabelle mit dem Outcome gegenüber (siehe Abschnitt: 3.8), welches sich so darstellt, dass 113 Patienten eine akute Appendizitis und 483 keine akute Appendizitis hatten, ergibt sich folgendes Ergebnis:

Tab. 4: Vergleich klinische Zeichen mit Outcome

	Unspezifische klinische Zeichen	Mögliche Appendizitis	V.a. Appendizitis
Keine akute Appendizitis	248	173	62
Akute Appendizitis	9	38	66

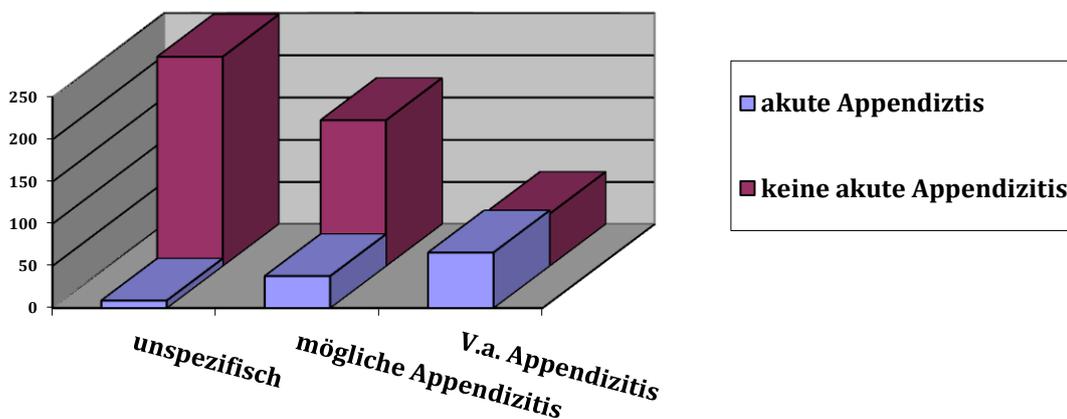


Abb. 5: Vergleich klinische Zeichen mit Outcome

Der *Chi Quadrat Test* zeigt eine signifikante Korrelation der beiden Variablen ($p < 0,001$).

In der logistischen Regressionsanalyse (siehe Kapitel 3.12) waren die klinischen Zeichen signifikant. Das positive Vorzeichen des Regressionskoeffizienten zeigt eine positive Korrelation zum Pathologiebefund der Appendizitis. Je mehr Klinik der Patient hat, desto höher ist der Regressionskoeffizient.

3.3 Fragestellung in Anforderung

Nach der klinischen Untersuchung wurde eine Sonographie des Abdomens von dem Untersucher angefordert. Je nach Ausgangslage wurden im Nachhinein drei Kategorien festgelegt: *unspezifisch*, falls in der Fragestellung der Anforderung nur nebenbei die Appendix mit beurteilt werden sollte; *unter anderem Appendizitis*, wenn durch die Klinik nicht nur eine Appendizitis zu erwarten wäre, sondern auch andere Erkrankungen und *Verdacht auf Appendizitis*, wenn durch Klinik und Labor dieses erhärteten.

Unspezifisch waren insgesamt 64 (11%), *u.a. Appendizitis* 272 (46%) und *V.a. Appendizitis* 260 (44%).

Bei den Kindern waren 16 Anforderungen von 266 (6%) *unspezifisch*, 106 (40%) *u.a. Appendizitis* und bei 144 (54%) bestand in der Anforderung der *V.a. Appendizitis*.

Bei den Erwachsenen waren 48 Anforderungen von 330 (15%) *unspezifisch*, 166 (50%) *u.a. Appendizitis* und bei 116 (35%) bestand in der Anforderung der *V.a. Appendizitis*.

Hier besteht eine Altersabhängigkeit ($p < 0,001$). Bei Kindern wurden in der Anforderung der Sonographie häufiger gezielte Fragestellungen auf Appendizitis geäußert.

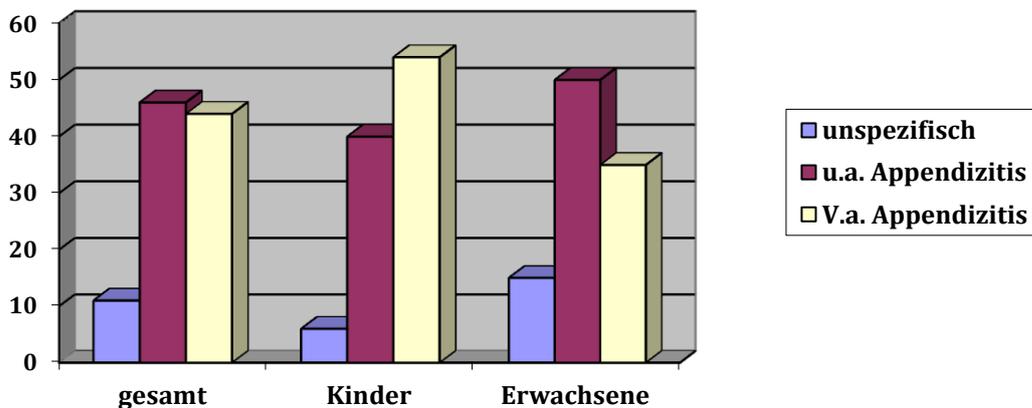


Abb. 6: Altersabhängigkeit Fragestellung

Eine Geschlechtsabhängigkeit ließ sich nicht nachweisen.

3.4 Darstellbarkeit und Durchmesser der Appendix

Im Rahmen dieser Studie wurden 596 Untersuchungen durchgeführt. In 44% der Fälle (n=264) ließ sich die Appendix sonographisch darstellen, in 56% (n=332) hingegen nicht. 100 Untersuchungen wurden nachts zwischen 22:00 und 06:00 Uhr durchgeführt. Zu dieser Uhrzeit waren 36 % der Appendices darstellbar.

War die Appendix zu sehen, wurde wie folgt unterschieden: *unauffällig* (n=161; 27%), *Verdacht auf geringe Entzündung* (n=56; 9%), *Verdacht auf phlegmonöse Entzündung* (n=37; 6%) und *Verdacht auf appendizitische Komplikationen* (n=10; 2%).

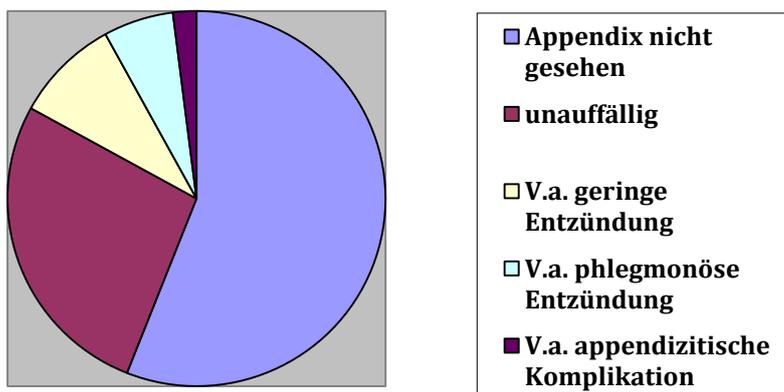


Abb. 7: Auffindbarkeitsverteilung der Appendix

Bei 249 (94%) der dargestellten Appendices wurde auch der Durchmesser bestimmt. Die Werte wurden in drei Gruppen unterteilt:

- Durchmesser (DM) \leq 5 mm (n=137, Mittelwert 4,1 mm +/- 0,6 mm)
- DM zwischen 5 und 8 mm (n=50, Mittelwert 6,4 mm +/- 0,7 mm)
- DM \geq 8 mm (n=62, Mittelwert 10,0 mm +/- 2,3 mm)

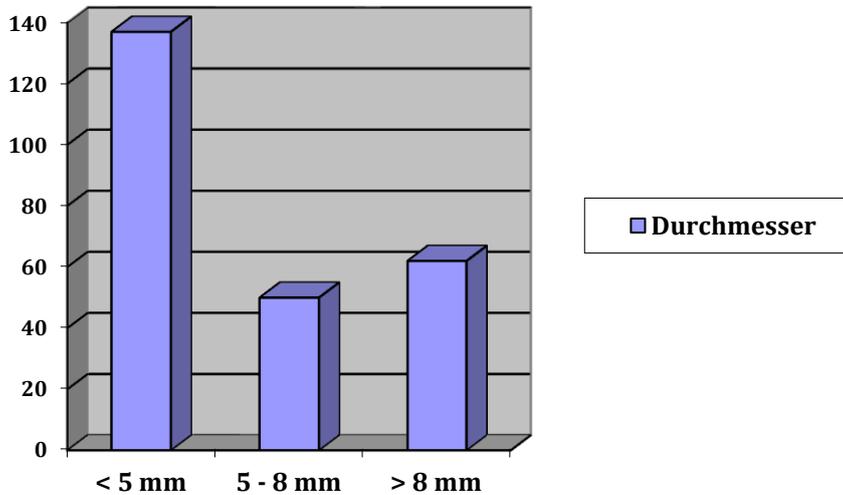


Abb. 8: Häufigkeiten der Appendixdurchmesser

Im Folgenden werden die Gruppe der Kinder und Jugendlichen und die der Erwachsenen wieder getrennt betrachtet:

Bei den Kindern waren 134 (50,3%) Appendices nicht darstellbar, 132 (49,7%) waren wiederum sonographisch zu sehen. Wieder in die Kategorien eingeteilt, zeigt sich folgendes: 29% (n=78) waren *unauffällig*, bei 11% (n=29) bestand der *V.a. geringe Entzündung*, bei 8% (n=20) der *V.a. phlegmonöse Entzündung* und bei 2% (n=5) der *V.a. appendizitische Komplikationen*. Vermessen wurden 127 (96%) der 132 dargestellten Appendices und waren wie folgt verteilt:

- DM \leq 5 mm: 74-mal (Mittelwert 4,1 mm +/- 0,6 mm)
- DM zwischen 5 und 8 mm: 18-mal (Mittelwert 6,3 mm +/- 0,8 mm)
- DM \geq 8 mm: 35-mal (Mittelwert 9,7 mm +/- 2,4 mm)

Bei den Erwachsenen waren 198 (60%) Appendices nicht darstellbar, 132 (40%) waren wiederum sonographisch zu sehen. Wieder in die Kategorien eingeteilt, zeigt sich hier: 25% (n=83) waren *unauffällig*, bei 8% (n=27) bestand der *V.a. geringe Entzündung*, bei 5% (n=17) der *V.a. phlegmonöse Entzündung* und bei 2% (n=5) der *V.a. appendizitische Komplikationen*. Vermessen wurden 122 (92%) der 132 dargestellten Appendices und waren wie folgt verteilt:

- $DM \leq 5$ mm: 63-mal (Mittelwert 4,0 mm +/- 0,5 mm)
- DM zwischen 5 und 8 mm: 32-mal (Mittelwert 6,5 mm +/- 0,7 mm)
- $DM \geq 8$ mm: 27-mal (Mittelwert 10,4 mm +/- 2,2 mm)

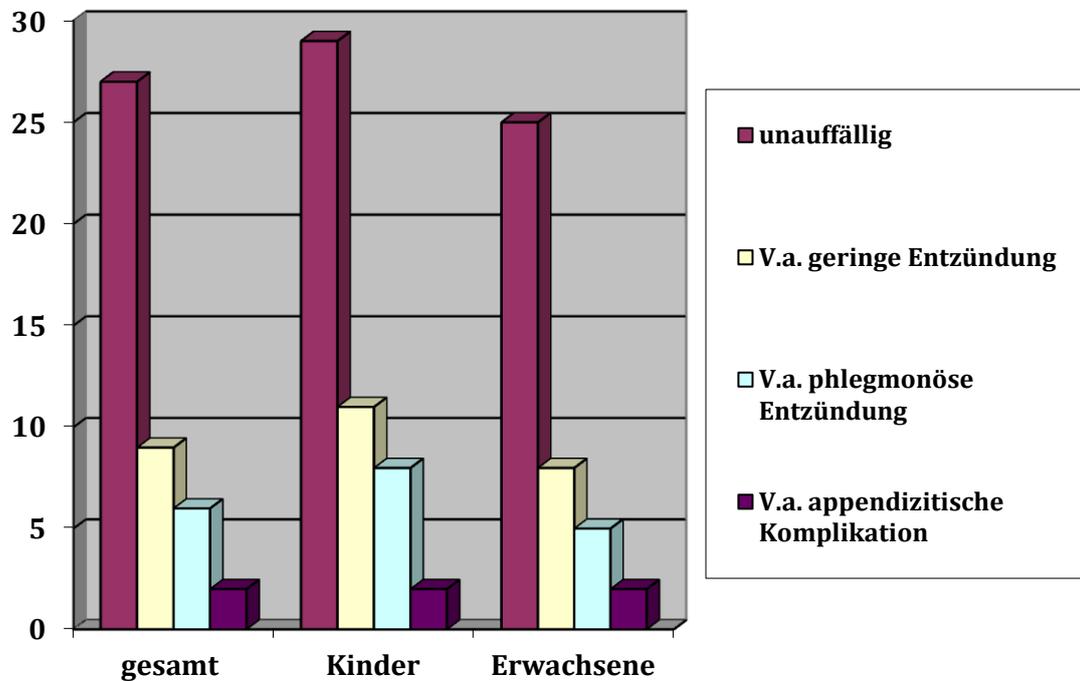


Abb. 9: Verteilung der Entzündungskategorien zw. Kindern und Erwachsenen in der Sonographie

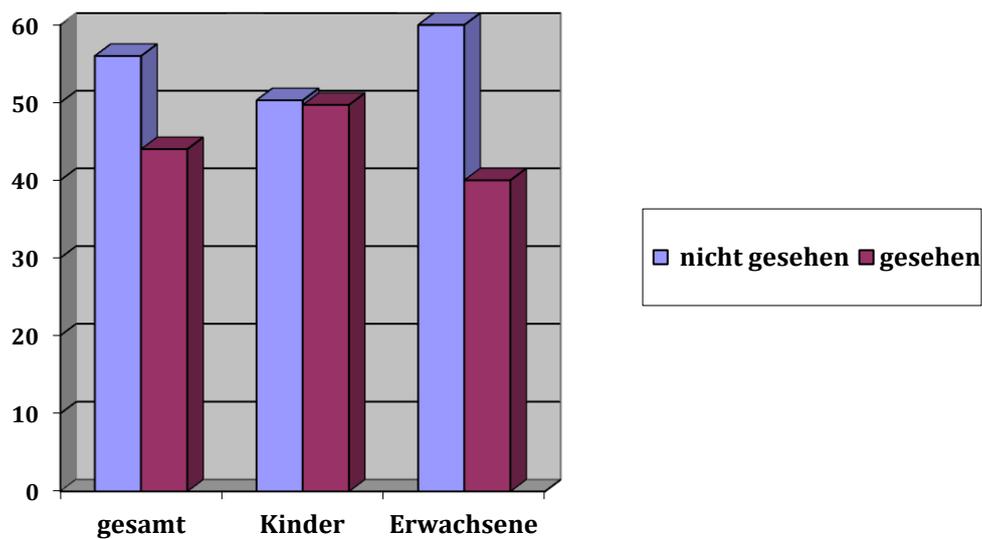


Abb. 10: Verteilung der Darstellbarkeit der Appendix

Da bei sehr vielen Patienten die Appendix nicht auffindbar war, wurde untersucht, ob die Sonographie der Appendix vom BMI des Patienten abhängig ist. Es zeigte sich, dass der BMI der Patienten, bei denen die Appendix sonographisch darstellbar war, signifikant geringer war ($p=0,007$). Da die Daten in dieser Untersuchung nicht normalverteilt waren (siehe Abb. 11), wurde hier ein Mann-Whitney-U Test durchgeführt. Von den 436 Patienten, deren BMI bekannt war, lies sich bei 201 die Appendix sonographisch darstellen, bei 235 nicht. Der mittlere BMI der Patienten mit darstellbaren Appendices lag mit $21,19 \text{ kg/m}^2$ signifikant niedriger, als der BMI der Patienten mit nicht auffindbaren Appendices ($22,72 \text{ kg/m}^2$).

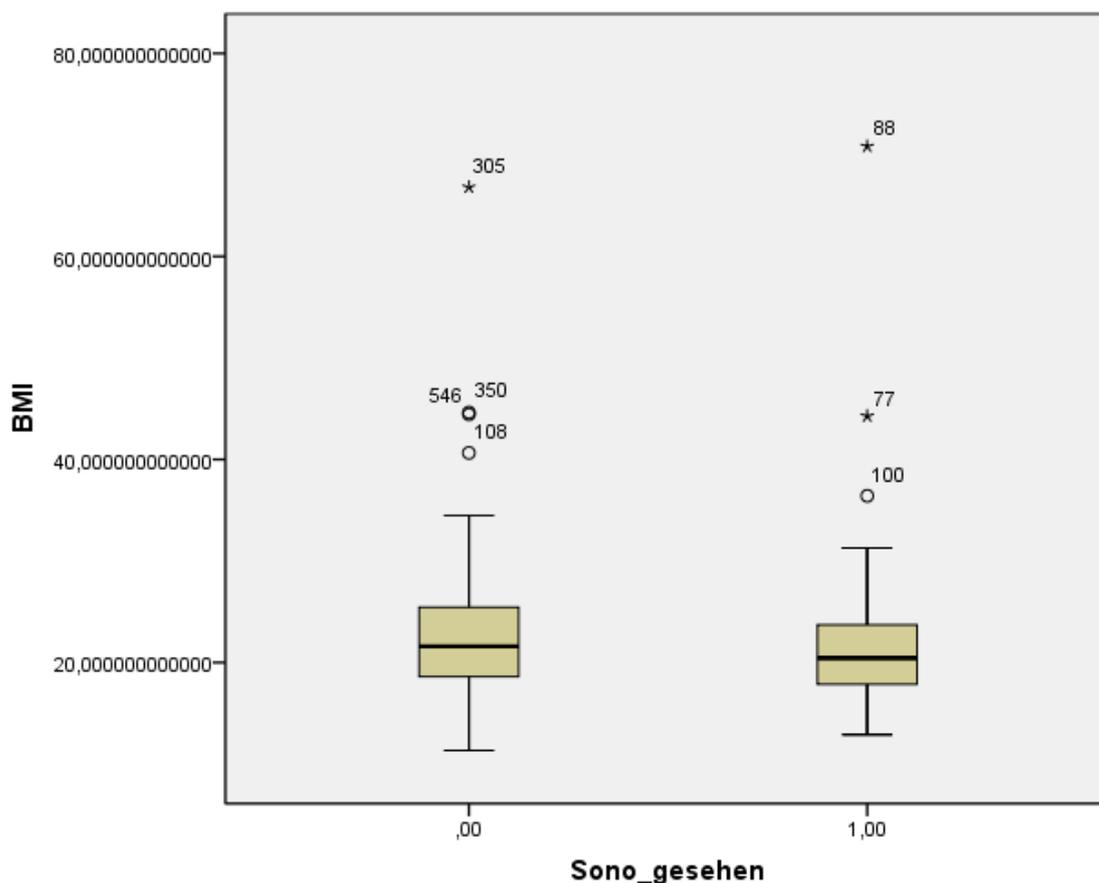


Abb. 11: BMI bei nicht darstellbarer Appendices vs. darstellbarer Appendices

Betrachtet man die in der Sonographie gemessenen Durchmesser der Appendices und die Einschätzung des Untersuchers im Sonographiebefund zusammen, erhält man folgende Ergebnisse:

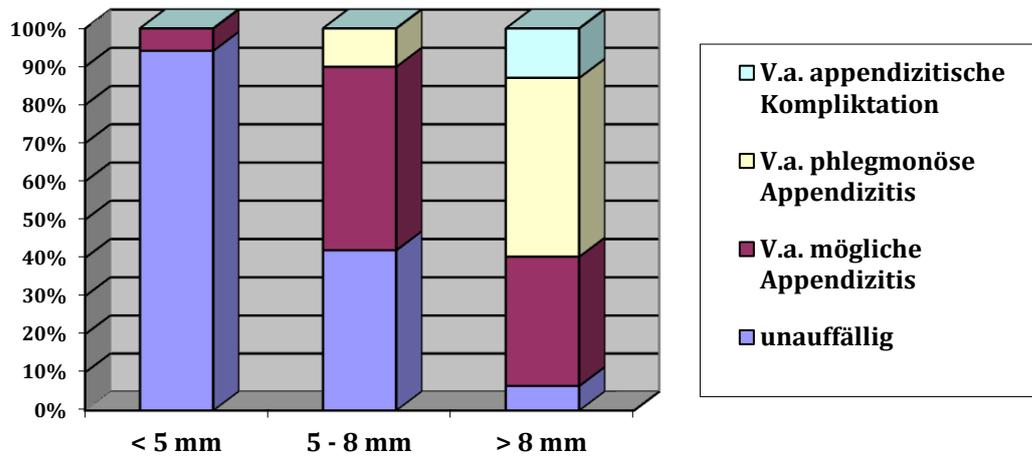


Abb. 12: Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser in der Sonographie gesamt

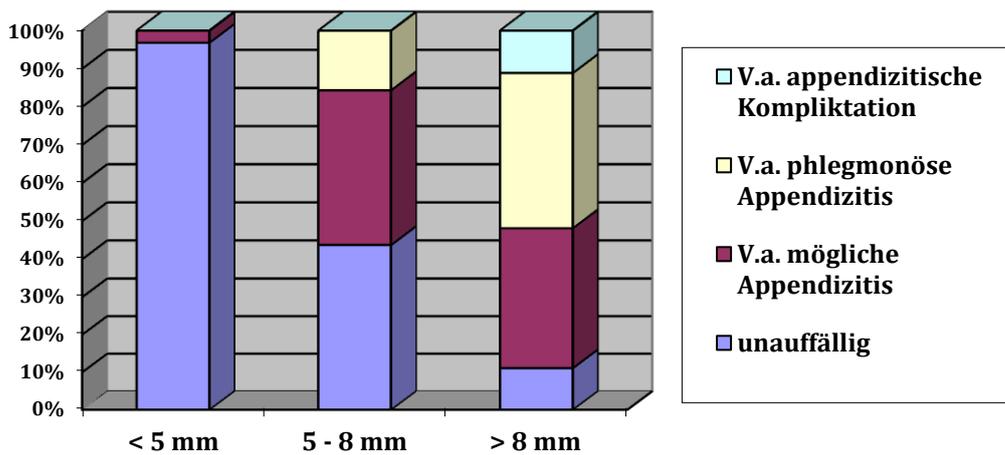


Abb. 13: Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser in der Sonographie Erwachsene

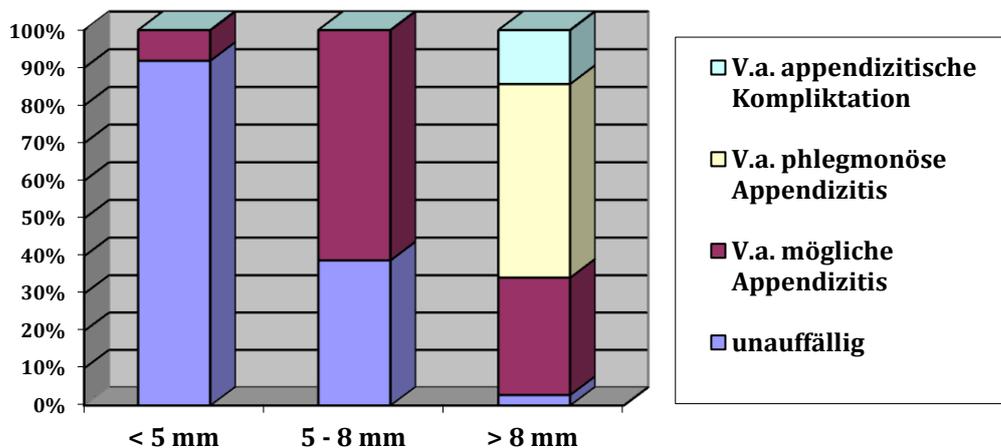


Abb. 14: Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser in der Sonographie Kinder

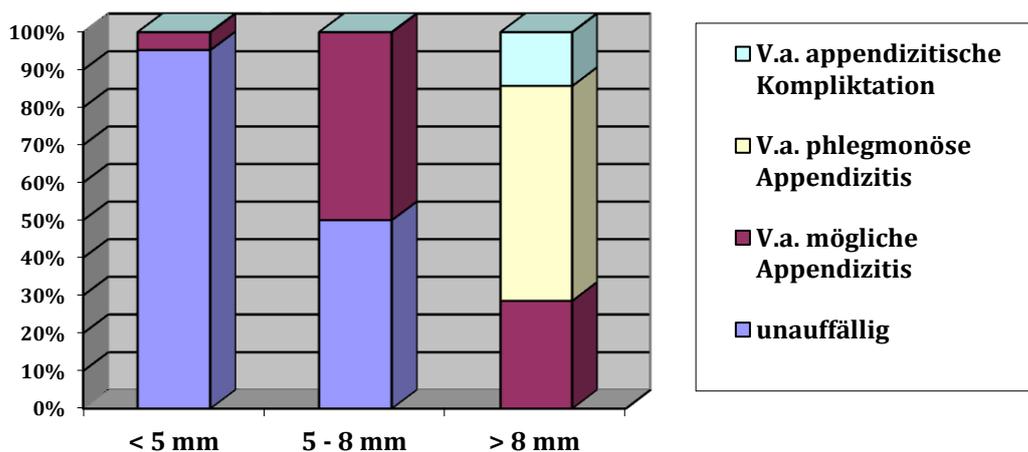


Abb. 15: Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser Kinder 3-8 Jahre

Stellt man die drei gemessenen Appendixdurchmesser in einer Tabelle mit dem Outcome gegenüber (siehe Abschnitt: 3.8), ergibt sich folgendes Ergebnis:

Tab. 5: Vergleich Appendixdurchmesser mit Outcome

	<5 mm	5 - 8 mm	>8 mm	gesamt
Keine akute Appendizitis	132	32	18	182
Akute Appendizitis	5	18	44	67
Gesamt	137	50	62	249

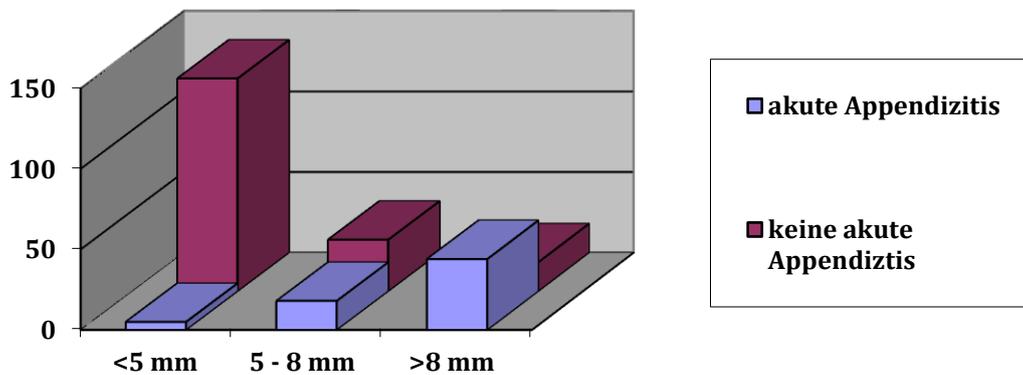


Abb. 16: Vergleich Appendixdurchmesser mit Outcome

Der *Chi-Quadrat* Test zeigt eine signifikante Korrelation der beiden Variablen ($p < 0,001$).

Vergleicht man die Einschätzung des Untersuchers im Sonographiebefund mit dem Outcome (siehe Abschnitt: 3.8), zeigt sich Folgendes:

Tab. 6: Vergleich Sonographiebefund mit Outcome

	Nicht gesehen	Unauffällig	Geringe Entzündung	Phlegmonöse Entzündung	Appendizitische Komplikation	Gesamt
Keine akute Appendizitis	293	154	30	5	1	483
Akute Appendizitis	39	7	26	32	9	113
Gesamt	332	161	56	37	10	596

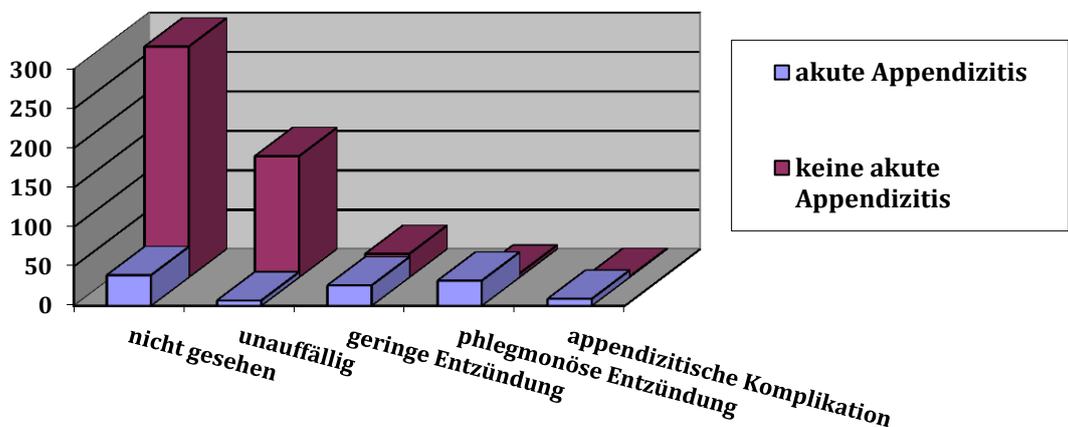


Abb. 17: Vergleich Sonographiebefund mit Outcome

Der *Chi-Quadrat Test* zeigt eine signifikante Korrelation der beiden Variablen ($p < 0,001$).

3.5 Indirekte Appendizitiszeichen

3.5.1 Freie abdominelle Flüssigkeit

Bei insgesamt 584 Patienten beschrieb der jeweilige Untersucher in der Beurteilung der Sonographie, ob freie Flüssigkeit im Abdomen bzw. in unmittelbarer Umgebung der Appendix vorhanden war oder nicht. Bei den 12 anderen Patienten wurde keine Stellung dazu genommen. Verglichen mit dem

Outcome (siehe Abschnitt: 3.8) war bei 395 von 475 Patienten (84%) ohne Appendizitis keine freie Flüssigkeit nachweisbar.

Bei 57 von 109 Patienten (52%) mit Appendizitis war auch keine freie Flüssigkeit nachweisbar.

Tab. 7: Vergleich freie Flüssigkeit mit Outcome

	Keine freie Flüssigkeit	Freie Flüssigkeit	Gesamt
Keine akute Appendizitis	395	80	475
Akute Appendizitis	57	52	109
Gesamt	452	132	584

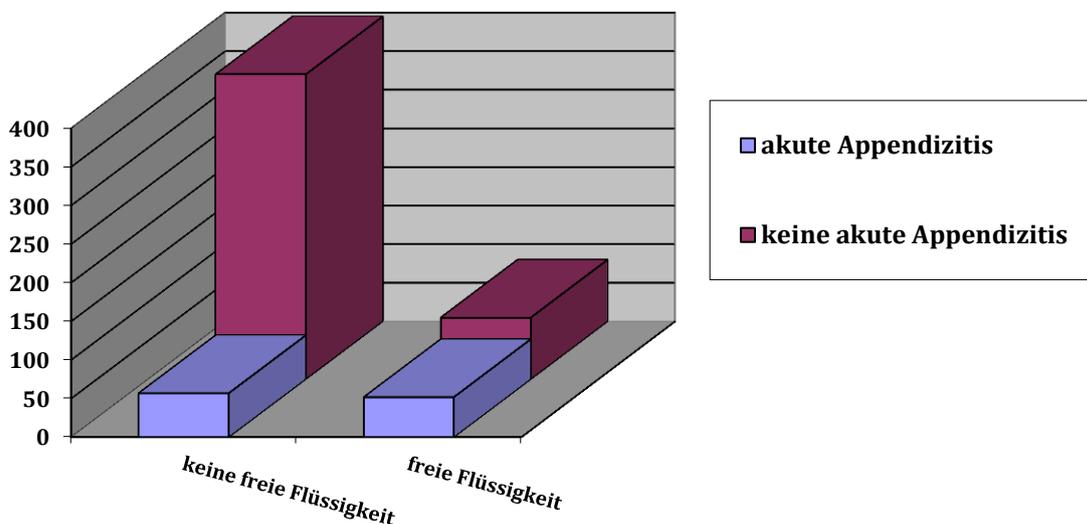


Abb. 18: Vergleich freie Flüssigkeit mit Outcome

Im *Chi-Quadrat Test* korrelieren die beiden Variablen Outcome und freie Flüssigkeit miteinander ($p < 0,001$).

In der logistischen Regressionsanalyse (siehe Abschnitt 3.12) war das indirekte Zeichen freie Flüssigkeit signifikant. Das positive Vorzeichen des Regressionskoeffizienten zeigt eine positive Korrelation zum Pathologiebefund der Appendizitis.

3.5.2 Lymphknoten

Insgesamt 371 Patienten wurden mittels Sonographie auf Lymphknoten in unmittelbarer Umgebung der Appendix untersucht. Als pathologisch gewertet wurden Lymphknoten, die größer als ein Zentimeter waren. Bei den übrigen wurde keine Stellung dazu genommen. Verglichen mit dem Outcome (siehe Abschnitt 3.8) waren bei 223 von 300 Patienten (74%) ohne Appendizitis keine Lymphknoten nachweisbar.

Bei 49 von 71 Patienten (69%) mit Appendizitis waren ebenfalls keine pathologischen Lymphknoten nachweisbar.

Tab. 8: Vergleich Lymphknoten mit Outcome

	Keine Lymphknoten	Lymphknoten	gesamt
Keine akute Appendizitis	223	77	300
Akute Appendizitis	49	22	71
Gesamt	272	99	371

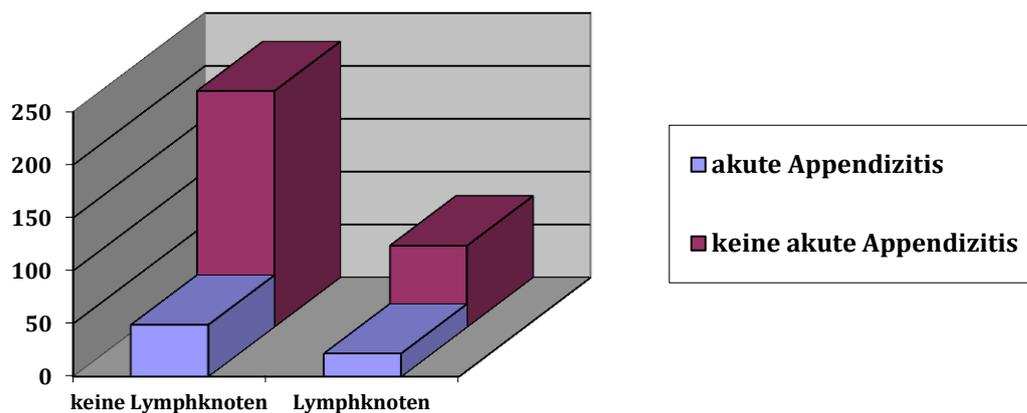


Abb. 19: Vergleich Lymphknoten mit Outcome

Im *Chi-Quadrat Test* korrelieren die beiden Variablen Outcome und Lymphknoten nicht miteinander ($p=0,362$).

In der logistischen Regressionsanalyse (siehe Abschnitt 3.12) war das indirekte Zeichen Lymphknoten nicht signifikant. Das negative Vorzeichen des Regressionskoeffizienten zeigt allerdings einen Trend in Richtung negative Korrelation zum Pathologiebefund der Appendizitis.

3.6 Operation

Insgesamt wurden 143 von 596 Patienten (24%) einer Operation zugeführt. Dabei differierten 22 Operationen von der Appendektomie:

- Sechs Divertikel Operationen (Sigmadivertikulose, drei Sigmadivertikulitiden, Dünndarmdivertikulitis, Meckel-Divertikel)
- Vier Operationen am Ovar (zwei Zysten, Teratom, Karzinom)
- Extrauterin gravidität im proximalen Tubenanteil rechts
- Zwei Hernien (Leistenhernie rechts, Nabelhernie)
- Ureterstein und prävesikales Harnleiterkonkrement rechts
- Pankreaskopftumor
- Ventrikulo-Peritoneal-Shunt Insuffizienz
- Organisierendes Hämatom der Bauchdecke

- Funduplicatio bei Gastroösophagealer Refluxkrankheit
- Hodentumor
- Cholezystektomie
- Entzündliche mesenteriale Fettgewebsnekrose

Von den 121 Appendektomien wurden 31 offen (26%) und 90 laparoskopisch (74%) operiert. Erwachsene wurden 68-mal operiert, davon 15-mal offen (22%) und 53-mal laparoskopisch (78%). Die Kinder und Jugendlichen wurden 53-mal operiert, davon 16-mal offen (30%) und 37-mal laparoskopisch (70%). Im *Chi-Quadrat Test* ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen ($p=0,402$) und dem Geschlecht ($p=0,869$) feststellen.

Die makroskopische Beurteilung des Schweregrades führte der Operateur intraoperativ durch, diese wurde wieder in dieselben Kategorien eingeteilt, wie schon in der Sonographie. Dabei ergab sich folgende Verteilung:

Insgesamt war in drei Fällen (5%) *keine akute Appendizitis* zu sehen, 37-mal (30%) zeigte sich die Appendix *gering entzündet*, 55-mal (44%) *phlegmonös* und in 26 Fällen (21%) waren appendizitische *Komplikationen* erkennbar.

Bei der Erwachsenenengruppe zeigte sich folgendes Bild: einmal (2%) *keine akute Appendizitis*, 16-mal (24%) *gering entzündet*, 34-mal (50%) *phlegmonös* und 17-mal (25%) appendizitische *Komplikationen*.

Bei den Kindern und Jugendlichen: zweimal (4%) *keine akute Appendizitis*, 21-mal (40%) *gering entzündet*, 21-mal (40%) *phlegmonös* und 9-mal (17%) appendizitische *Komplikationen*.

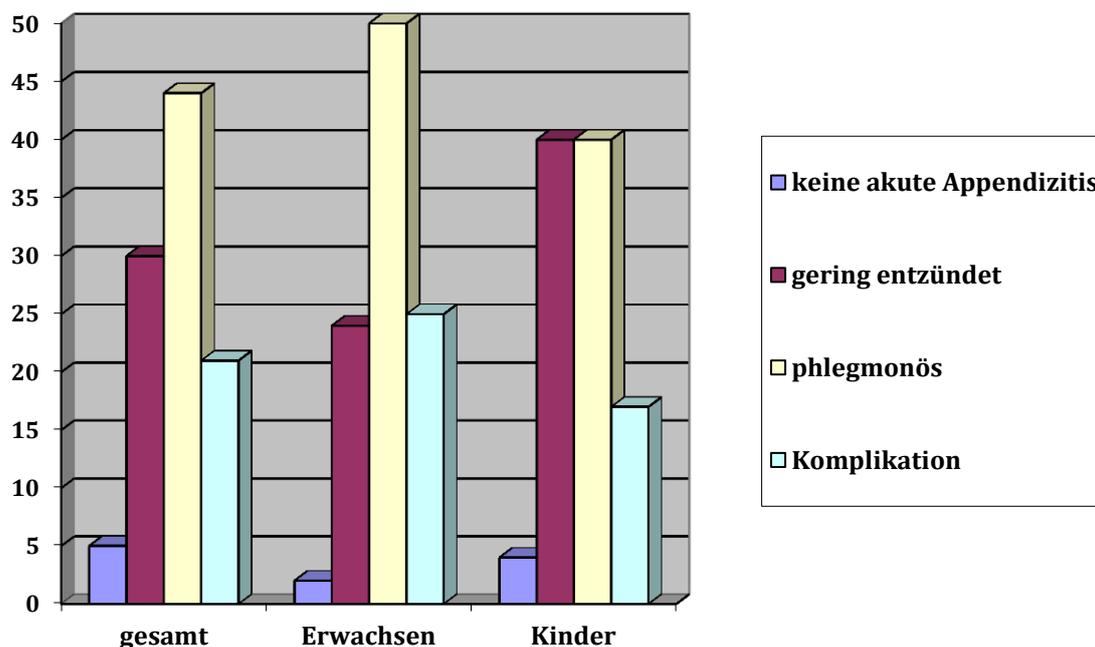


Abb. 20: Verteilung chirurgische Beurteilung des Schweregrades

Bei der Verteilung der chirurgischen Beurteilung des Schweregrades besteht im *Chi-Quadrat Test* weder eine signifikante Altersabhängigkeit ($p=0,190$) noch eine signifikante Geschlechtsabhängigkeit ($p=0,362$).

3.7 Histopathologischer Befund

Alle 121 vorgenommenen Appendektomien wurden histopathologisch untersucht. Sie wurden in vier Kategorien eingeteilt. Dabei ergab sich folgende Verteilung:

Insgesamt hatten acht Patienten (7%) hatten eine *chronische Appendizitis ohne akute Entzündung*; 29 (24%) hatten *geringe Entzündungszeichen*, davon wiesen zehn Patienten auch eine chronische Appendizitis auf; 58 (48%) hatten eine *phlegmonöse oder ulzerierende Entzündung* und bei 26 (22%) Patienten zeigten sich zusätzlich noch *appendizitische Komplikationen*.

Aufgeteilt in die Altersgruppen ergab sich Folgendes: bei den 68 Erwachsenen hatten drei Patienten (4%) eine *chronische Appendizitis ohne akute Entzündung*; 13 (19%) hatten *geringe Entzündungszeichen*; 34 (50%) hatten

eine *phlegmonöse oder ulzerierende Entzündung* und bei 18 (27%) Patienten gab es zusätzlich noch *appendizitische Komplikationen*.

Bei den Kindern und Jugendlichen hatten Fünf Patienten (9%) eine *chronische Appendizitis ohne akute Entzündung*; 16 (30%) hatten *geringe Entzündungszeichen*; 24 (45%) hatten eine *phlegmonöse oder ulzerierende Entzündung* und acht (15%) Patienten wiesen zusätzlich noch *appendizitische Komplikationen* auf.

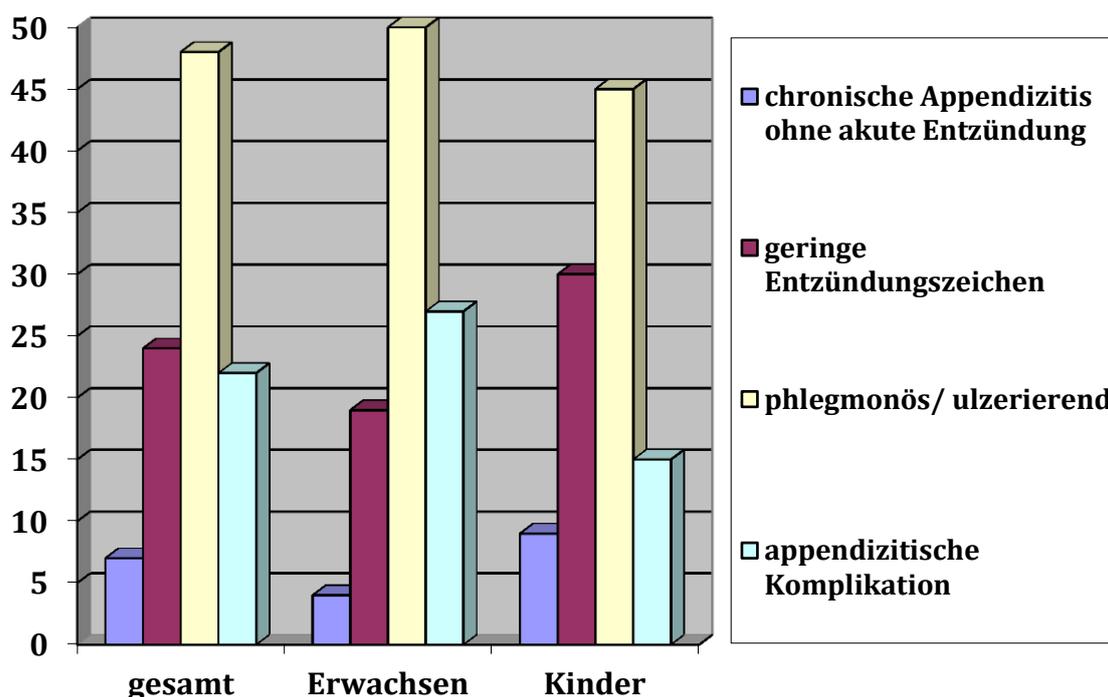


Abb. 21: Verteilung Histologischer Schweregrad

Bei der Verteilung des histologischen Schweregrades besteht im *Chi-Quadrat Test* weder eine Altersabhängigkeit ($p=0,204$) noch eine Geschlechtsabhängigkeit ($p=0,170$).

3.8 Outcome

Von allen 596 untersuchten Patienten hatten 121 eine Appendizitis, welche histologisch gesichert wurde. Hiervon waren 113 akut, acht waren chronisch. 84

Patienten litten wahrscheinlich unter einer Appendizitis, welche konservativ therapiert wurde. Die Gastroenteritis war mit 119 die häufigste Diagnose, welche keiner Appendizitis entsprach. Bei 112 Patienten blieb die endgültige Diagnose unklar. 160 hatten eine andere Erkrankung als die oben genannten.

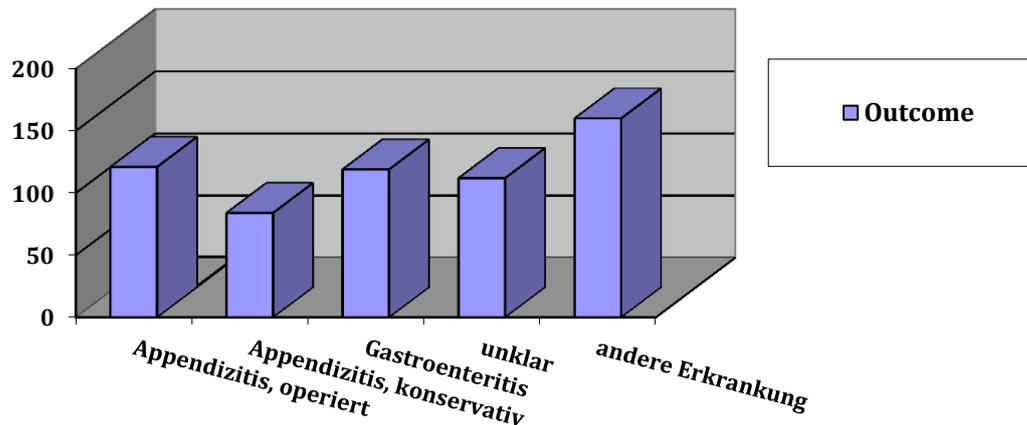


Abb. 22: Outcome

3.9 Laborwerte

Nach der klinischen Untersuchung in der Notaufnahme, bzw. auf Station wurde bei fast allen Patienten (585 von 596) Blut abgenommen. Von 585 (98%) wurde die Leukozytenzahl untersucht, war diese bei Erwachsenen über 10.000/ μ l galt sie als pathologisch. Bei Kindern waren die Grenzen altersabhängig höher. Der CRP-Wert wurde 549-mal (92%) untersucht. Dieser galt als pathologisch, sobald er über 0,5 mg/dl lag.

3.9.1 Pathologische Leukozytenzahl

175 (30%) der untersuchten Leukozytenzahlen waren pathologisch erhöht. Verglichen wurden diese mit dem Outcome. Lediglich 64 Patienten mit erhöhten Leukozytenzahlen wiesen eine akute Appendizitis auf. Bei 111 Patienten

bestand wiederum keine akute Appendizitis. 361 von 410 Patienten (88%) ohne erhöhte Leukozytenzahlen waren auch nicht an einer akuten Appendizitis erkrankt, 49 dagegen schon.

Im *Chi-Quadrat Test* bestand eine signifikante Korrelation der beiden Variablen Outcome und Leukozytenzahl ($p < 0,001$). Der *Odds Ratio* betrug 4,2.

Tab. 9: Vergleich Leukozytenzahl mit Outcome

	Leukozyten normal	Leukozyten pathologisch	gesamt
Keine akute Appendizitis	361	111	472
Akute Appendizitis	49	64	113
Gesamt	410	175	585

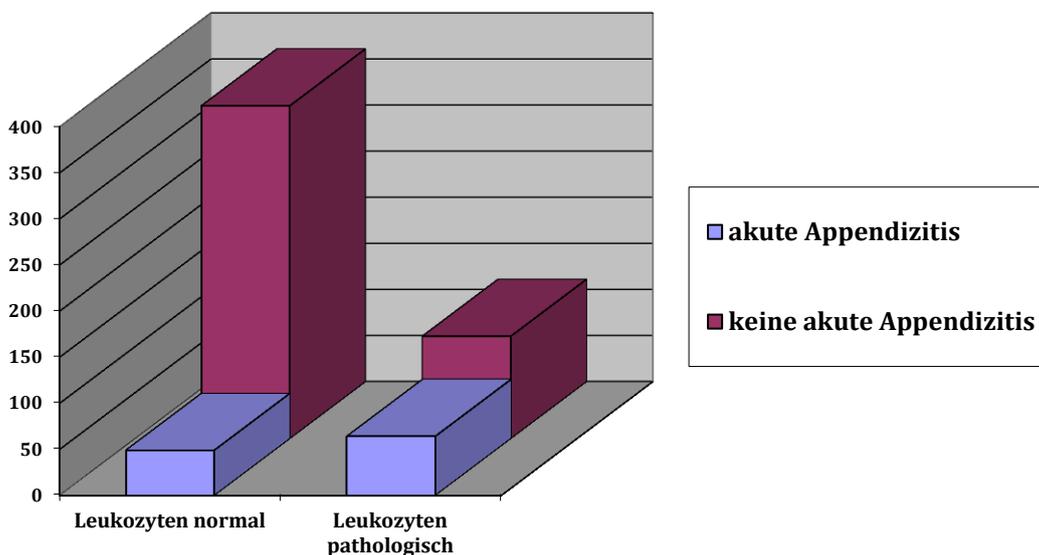


Abb. 23: Vergleich Leukozytenzahl mit Outcome

In der logistischen Regressionsanalyse (siehe Abschnitt 3.12) zeigte die Leukozytenzahl einen signifikanten Zusammenhang mit dem Outcome. Das

positive Vorzeichen des Regressionskoeffizienten zeigt eine positive Korrelation zum Pathologiebefund der Appendizitis.

3.9.2 Pathologischer CRP-Wert

236 (43%) der untersuchten CRP-Werte waren pathologisch erhöht. Verglichen wurden diese wieder mit dem Outcome. 74 Patienten mit erhöhtem CRP-Wert litten an einer akuten Appendizitis. Bei 162 bestand keine akute Appendizitis. 281 von 313 Patienten (90%) ohne erhöhten CRP-Wert hatten auch keine akute Appendizitis, 32 dagegen schon.

Im *Chi-Quadrat Test* bestand eine signifikante Korrelation der beiden Variablen Outcome und CRP-Wert ($p < 0,001$). Der *Odds Ratio* betrug 4,0.

Tab. 10: Vergleich CRP-Wert mit Outcome

	CRP-Wert normal	CRP-Wert pathologisch	Gesamt
Keine akute Appendizitis	281	162	443
Akute Appendizitis	32	74	106
Gesamt	313	236	549

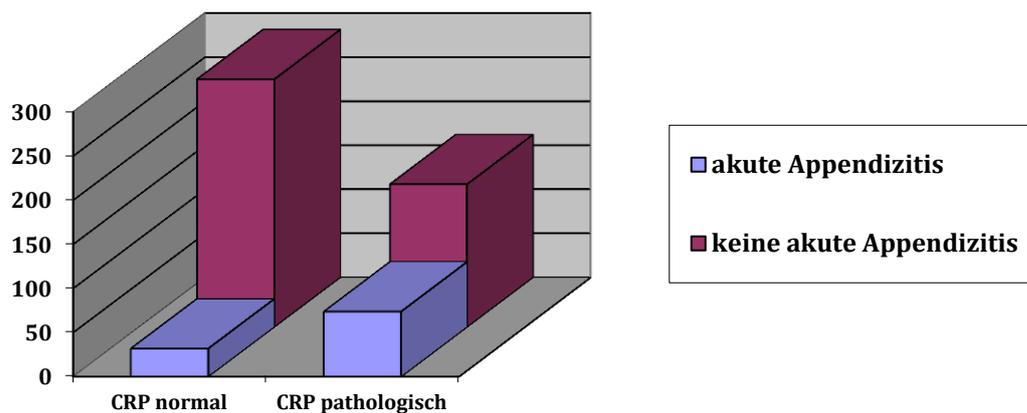


Abb. 24: Vergleich CRP-Wert mit Outcome

In der logistischen Regressionsanalyse (siehe Abschnitt 3.12) zeigt der CRP-Wert einen signifikanten Zusammenhang mit dem Outcome. Das positive Vorzeichen des Regressionskoeffizienten zeigt eine positive Korrelation zum Pathologiebefund der Appendizitis.

3.9.3 Kombinierte Laborwerte

Bei insgesamt 356 Patienten waren entweder die Leukozytenzahl oder der CRP-Wert oder beide Laborwerte pathologisch. Im *Chi-Quadrat Test* bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen Outcome und den kombinierten pathologischen Laborwerten ($p=0,002$). 76 % der Patienten ohne pathologische Laborwerterhöhung hatten auch keine Appendizitis. Waren ein oder beide Laborwerte pathologisch, hatten 41 % dieser Patienten auch eine Appendizitis.

Tab. 11: Vergleich kombinierte Laborwerte mit Outcome

	Labor kombiniert normal	Labor kombiniert pathologisch	Gesamt
Keine akute Appendizitis	184	59	243
Akute Appendizitis	67	46	113
Gesamt	251	105	356

OR 2,14; Chi-Quadrat Test $p=0,002$

3.10 Temperaturdifferenz

Die Körpertemperatur wurde bei 226 Patienten an zwei verschiedenen Stellen gemessen. Dabei war eine axillär oder oral und die andere rektal. War der Temperaturunterschied größer oder gleich 0,8 Grad Celsius, galt dieser als pathologisch. Eine lediglich rektal erhöhte Temperatur spricht für ein lokales Geschehen wie z.B. eine Entzündung.

Die Ergebnisse spiegeln sich in folgender Tabelle wieder:

Tab. 12: Vergleich Temperaturunterschied mit Outcome

	Temperaturunterschied normal	Temperaturunterschied pathologisch	Gesamt
Keine akute Appendizitis	118	52	170
Akute Appendizitis	45	11	56
Gesamt	163	63	226

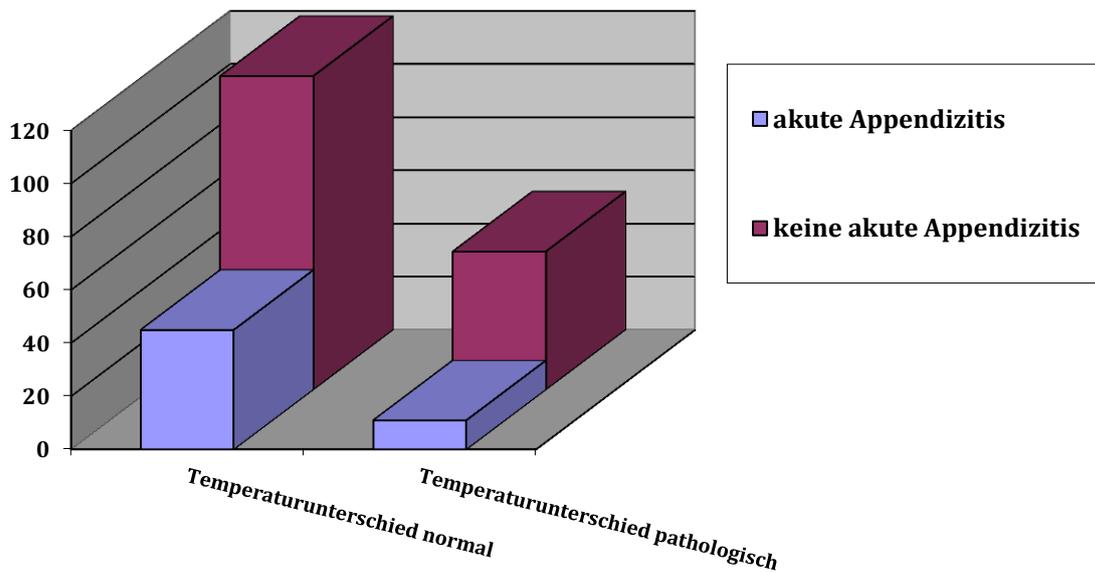


Abb. 25: Vergleich Temperaturunterschied mit Outcome

Nach *Pearsons Chi-Quadrat Test* korrelieren diese beiden Variablen nicht signifikant miteinander ($p=0,077$).

In der logistischen Regressionsanalyse (siehe Kapitel 3.12) wurde der pathologische Temperaturunterschied ebenfalls untersucht. Neben der Klinik, dem Sonographiebefund, den indirekten Zeichen und den Laborwerten korrelierte dieser Wert jedoch nicht signifikant mit dem pathologischen Endergebnis. Des Weiteren führte er zum Wegfall von vielen Daten (nur 211 von 596 Patienten wurden eingeschlossen), so dass eine weitere logistische Regressionsanalyse ohne den pathologischen Temperaturunterschied durchgeführt wurde.

3.11 Intraoperative Einschätzung

Die Einschätzung des Chirurgen, ob eine akute Appendizitis vorlag, wurde mit der Beurteilung des Pathologen verglichen. Dieser hat das letzte Wort in der Diagnosefindung. Die histologische Begutachtung ist somit der Goldstandard in der Feststellung einer Appendizitis.

111 von 113 (98%) Untersuchungen sind sowohl bei der operativen, als auch bei der histologischen Einschätzung gleich. Bei Sieben spricht der Operateur von einer Appendizitis, während der Pathologe dem widerspricht. Im Gegensatz dazu meint der Operateur bei Zwei Operationen keine Appendizitis zu sehen, wobei sich in der Histologie das Gegenteil herausstellt.

Tab. 13: Vergleich histologischer mit operativer Einschätzung

	OP: keine Appendizitis	OP: Appendizitis	Gesamt
Histologie: keine Appendizitis	1	7	8
Histologie: Appendizitis	2	111	113
Gesamt	3	118	121

Im *Chi-Quadrat Test* korrelieren die beiden Variablen histologische Einschätzung und intraoperative Einschätzung miteinander ($p < 0,001$). Auch im *exakten Test nach Fischer* liegt das Signifikanzniveau unter 0,05 ($p = 0,027$). Der Odds Ratio beträgt 7,9.

3.12 Logistische Regressionsanalyse

Bei der logistischen Regressionsanalyse wurde der Pathologiebefund für die akute Appendizitis als abhängige Variable verwendet. Die zu untersuchenden Kovariablen waren der Sonographiebefund, indirekte Zeichen (Lymphknoten, Flüssigkeit), die klinischen Zeichen, der pathologische Temperaturunterschied und die Laborwerte (CRP-Wert, Leukozytenzahl).

Bei den klinischen Zeichen wurden alle drei Kategorien beachtet.

Der Sonographiebefund wurde in einer Untersuchung auf nur pathologisch oder nicht pathologisch untersucht. In einer gesonderten Untersuchung wurde als Kovariable der Sonographiebefund mit den drei Kategorien normal, suspekt und pathologisch basierend auf dem Appendixdurchmesser, zusammen mit den anderen Kovariablen erneut untersucht. Der einzige Wert, der dabei in der Nähe des Signifikanzniveaus lag, war die Leukozytenzahl. Hierbei wurden auch nur 81 Patienten eingeschlossen.

Der pathologische Temperaturunterschied zeigte sich in einer Voranalyse als nicht signifikant. Durch die geringe Menge an Patienten mit oral und rektal gemessenen Temperaturen wurden ca. zwei Drittel der Patienten in der Untersuchung nicht mit eingeschlossen. Also wurde eine weitere Untersuchung ohne diesen Wert durchgeführt. Durch das Weglassen des pathologischen Temperaturunterschieds, änderte sich durch die erhöhte Datenmenge auch das Ergebnis: das indirekte Zeichen vergrößerte Lymphknoten war nun nicht mehr signifikant.

Die anderen Werte haben mit dem positiven Vorzeichen des Regressionskoeffizienten und einem p -Wert unter 0,05 eine positive Korrelation zum Pathologiebefund der akuten Appendizitis.

	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	Signifikanz
CRP-Wert	1,041	0,313	0,001
Leukozytenzahl	0,903	0,303	0,003
Sonographiebefund	2,177	0,326	0,000
Klinik			0,000
Klinik(1)	1,285	0,441	0,004
Klinik(2)	2,837	0,431	0,000
Indirektes Zeichen Flüssigkeit	1,111	0,315	0,000
Indirektes Zeichen Lymphknoten	-0,445	0,365	0,223
Konstante	-4,686	0,466	0,000

Abb. 26: Logistische Regression

4 Diskussion

Diese Studie ist eine retrospektive Untersuchung von Daten aus dem Jahr 2008. Da es in den vergangenen zehn Jahren zwar zu einer stetigen Weiterentwicklung der Ultraschalltechnologien (sowohl auf Hardware als auch auf Software Seite) gegeben hat, jedoch keine grundlegenden bzw. bahnbrechenden Neuerungen am Gerätesektor erfolgt sind können die erhobenen Ultraschall-Daten als „aktuell“ angesehen werden. Zudem haben sich die klinische Diagnostik, als auch die Labordiagnostik und mögliche Therapieoptionen nicht wegweisend geändert.

4.1 Klinik

Die klinischen Zeichen einer Appendizitis sind weiterhin ein guter Prädiktor für eine akute Appendizitis⁴¹⁻⁴⁴. Während die meisten Patienten mit unspezifischen Zeichen auch keine akute Appendizitis aufwiesen, wurden diejenigen mit klinischem V.a. Appendizitis auch im Outcome mit dieser Diagnose größtenteils bestätigt.

Nur 19 % aller untersuchten Patienten waren tatsächlich an einer akuten Appendizitis erkrankt. Davon hatten acht Prozent der Patienten keine oder nur unspezifische klinische Zeichen. Bei 92 % war von möglichem oder konkretem Verdacht auf eine akute Appendizitis die Rede. Die Sensitivität der klinischen Zeichen liegt somit bei 92 %. Das bedeutet der Großteil der Patienten mit *Verdacht auf Appendizitis* oder *möglicher Appendizitis* wird durch die klinischen Zeichen auch als krank erkannt. Jedoch liegt der positive Vorhersagewert, also der Wert, der angibt ob bei klinischen Zeichen tatsächlich eine akute Appendizitis vorliegt, lediglich bei 31 %.

81 % der Patienten waren nicht an einer akuten Appendizitis erkrankt. Von diesen hatten 51 % keine oder nur unspezifische klinische Zeichen. Die Spezifität, also der Wert, der zeigt, ob gesunde Patienten ohne akute Appendizitis auch keine klinischen Zeichen haben, liegt somit nur bei 51 %. Der negative Vorhersagewert, welcher beschreibt, ob Patienten, bei denen keine

klinischen Zeichen festgestellt wurden, tatsächlich auch keine Appendizitis haben, liegt bei 96 %.

Bei 36 % der untersuchten Patienten bestanden nur Hinweise auf eine *mögliche Appendizitis* und immerhin bei 13 % ein konkreter *Verdacht auf eine Appendizitis*. Bei diesen zusammen 49 % der Patienten könnte durch die Sonographie der positive Vorhersagewert verbessert werden. Auch die Kombination von klinischen Symptomen mit Laborergebnissen (wie z.B. im Alvarado Score System) hat Vorteile gegenüber der alleinigen Betrachtung der Klinik. Hierbei kann meist eine akute Appendizitis ausgeschlossen werden⁴¹.

Im *Pearson Chi-Quadrat Test* zeigt sich eine Geschlechtsabhängigkeit der klinischen Zeichen. Bei Männern wurde im Vergleich zu den Frauen häufiger die Kategorie *mögliche Appendizitis* diagnostiziert (42 % vs. 30 %). Bei dem konkreten *V.a. Appendizitis* lagen sie in etwa gleich auf (21 % vs. 22 %). Jedoch hatten Frauen häufiger (48 %) nur unspezifische Zeichen im Vergleich zu den Männern (37 %). Dies ist vor allem durch mögliche gynäkologische Differenzialdiagnosen zu erklären (z.B. Ovarialzyste, Teratom, Endometriose)⁴⁵. Bei den gut zehn Prozent mit konkretem *V.a. Appendizitis*, aufgrund klinischer Zeichen, welche sich im Outcome aber nicht als Appendizitis erwiesen, handelte es sich überwiegend um andere Differenzialdiagnosen wie zum Beispiel Gastroenteritis, perforierte Divertikulitis, Pneumonie, Harnleiterkonkremente, Harnwegsinfekt oder auch die erwähnten gynäkologischen Differenzialdiagnosen⁴⁶.

In der logistischen Regressionsanalyse deuten die *klinischen Zeichen* signifikant darauf hin, dass sie aufgrund des positiven Vorzeichens mit einer akuten Appendizitis korrelieren (odds ratio OR = 16). Vergleicht man die Regressionskoeffizienten der Untergruppen der Klinik miteinander, wird ersichtlich dass je deutlicher die Klinik ist, desto höher ist auch die Korrelation⁴¹. Insgesamt ist also zu sagen, dass die klinischen Zeichen nach wie vor ein verlässlicher und signifikanter Prädiktor für die akute Appendizitis sind.

In der Datenanalyse wurde auch die Fragestellung in der Anforderung des klinischen Untersuchers für die Sonographie mit untersucht. Hier ergibt sich im

Pearson Chi-Quadrat Test eine Altersabhängigkeit, das heißt in der Kindergruppe wurde häufiger eine gezielte Fragestellung nach einer akuten Appendizitis geäußert. Bei den Kindern war dies in über der Hälfte (54 %) der Fall, bei den Erwachsenen lediglich bei einem Drittel (35 %). Die Appendizitis ist ein typisches Krankheitsbild im Kindesalter. Gerade Kinder im jüngeren Alter können sich nur schwer ausdrücken und eventuelle Schmerzen schlecht lokalisieren. Auch ist die Compliance bei der klinischen Untersuchung oft eingeschränkt⁴⁷. Um eine objektive Aussage zu erhalten wurde gerade bei Kindern auf ein bildgebendes Verfahren zurückgegriffen¹⁸.

Der *pathologische Temperaturunterschied* (oral und rektal) ist in der logistischen Regression nicht signifikant ($p=0,202$). Dies kann unter anderem auch daran liegen, dass nur bei 226 Patienten oral und rektal die Temperatur gemessen wurde und damit die Fallzahl im Vergleich zu allen anderen Patienten relativ gering ist. Das Vorzeichen des Regressionskoeffizienten ist negativ. Dies könnte einen Trend andeuten, dass pathologische Temperaturunterschiede eher kein Hinweis auf eine akute Appendizitis sind. Das wird aber in vorangegangenen Studien kontrovers diskutiert^{48,49}. In dieser Untersuchung ist der pathologische Temperaturunterschied kein signifikanter Prädiktor für eine Appendizitis. Aufgrund dieser Tatsachen wurde in einer neuen logistischen Regressionsanalyse diese Untersuchung weggelassen um mehr Daten mit einzubringen.

Auch im *Pearson Chi-Quadrat Test* kann keine positive Korrelation zwischen Temperaturunterschied und Outcome ermittelt werden. Zusammenbetrachtet könnte dies an der im Vergleich zu den anderen Faktoren niedrigeren Fallzahl liegen. Andererseits können auch andere lokale Geschehen im Abdomen eine Erhöhung der rektal gemessenen Körpertemperatur bewirken (wie zum Beispiel eine Sigmadivertikulitis).

4.2 Sonographie

Die Darstellbarkeit der Appendix in der Sonographie lag in dieser Untersuchung lediglich bei 44 %. Verglichen mit der Literatur ist dieser Wert eher gering (z.B.

KESSLER¹⁴ et al, ZIELKE¹⁹ et al). Generell ist die Sonographie stark untersucherabhängig. In dieser Auswertung wurden die Sonographien überwiegend durch Assistenzärzte im zweiten bis fünften Ausbildungsjahr durchgeführt, nur wenige durch Oberärzte.

Untersucht wurde eine Abhängigkeit der sonographischen Darstellbarkeit der Appendix vom Body Mass Index. Es zeigt sich eine signifikante Korrelation: bei übergewichtigen oder adipösen Patienten ließ sich die Appendix schlechter auffinden als bei Normalgewichtigen. Bei der Kinder und Jugendgruppe war der Wert mit knapp 50 % besser als bei der Erwachsenengruppe mit 40 % Darstellbarkeit. Dies könnte unter anderen daran liegen, dass die untersuchten Kinder mit insgesamt 25 % entlang der Perzentile übergewichtig oder adipös waren. Bei den Erwachsenen waren mit 34 % mehr Personen übergewichtig oder adipös. In aktuellen Studien ist aber auch bei adipösen Kindern die Appendix schlechter darzustellen als bei normalgewichtigen⁵⁰. Adipositas ist ein zunehmendes Problem, da in den Industriestaaten die Anzahl an übergewichtigen Menschen in den letzten Jahren stetig steigt. Des Weiteren könnte die Darstellbarkeit der Appendix bei Kindern durch speziell geschulte Untersucher in der Kinderradiologie noch weiter verbessert werden.

Von den 100 Patienten, welche zwischen 22 Uhr und sechs Uhr untersucht wurden, lag die Darstellbarkeit der Appendix noch geringer. Hier konnte die Appendix nur in 36 % der Fälle dargestellt werden, während dies zur Tageszeit in 46 % der Fälle möglich war. Diese Tageszeitabhängigkeit zeigt, dass das Ergebnis der Sonographie nicht nur von der Erfahrung des Untersuchers, sondern auch von dessen Belastung im nächtlichen Bereitschaftsdienst abhängig ist.

Die Einschätzung des Untersuchers in der Sonographie durch Größe, pathologische Zeichen und indirekte Zeichen hat eine Sensitivität von 59 %, eine Spezifität von 93 %, einen positiven Vorhersagewert von 65 % und einen negativen Vorhersagewert von 91 %. Vergleicht man allerdings lediglich die Zahlen der dargestellten Appendices, so erhöht sich die Sensitivität auf 91 %, die Spezifität sinkt auf 81 %, der positive Vorhersagewert bleibt gleich und der

negative Vorhersagewert steigt auf 95 %. Diese Ergebnisse entsprechen auch den Daten aus der aktuellen Studienlage^{51,52}. Allerdings sind hierbei auch die Fallzahlen deutlich geringer (596 vs. 264). Von den dargestellten Appendices korreliert sowohl die Einschätzung des Untersuchers mit dem pathologischen Outcome signifikant, als auch allein die Größe der Appendix. So lässt sich schlussfolgern: Eine Appendizitis lässt sich in der Sonographie gut diagnostizieren, wenn die Appendix darstellbar ist. Gesunde Patienten können gut detektiert werden - zu 80 %, wenn die Appendix darstellbar ist. Bei fehlender Darstellbarkeit wurde eine Appendizitis durch Ausbleiben indirekter sonographischer Zeichen in 90 % der Fälle ausgeschlossen. Der hohe negative Vorhersagewert auf beiden Seiten lässt erkennen, dass bei gut darstellbarer und gesunder Appendix - aber auch bei fehlenden indirekten Zeichen - eine Appendizitis unwahrscheinlich ist^{52,53}. Ein signifikanter Unterschied zwischen Erwachsenen und Kindern lässt sich dabei nicht eruieren.

4.3 Labor

Labortests sind objektiv, leicht reproduzierbar und weitestgehend untersucherunabhängig zu bestimmen. Am häufigsten werden die Leukozytenzahl und der CRP-Wert für die laborchemische Untersuchung einer akuten Appendizitis herangezogen. Die Kombination beider Werte bringt in dieser Untersuchung keinen eindeutigen Vorteil gegenüber der Betrachtung der Einzelwerte. Dies widerspricht einigen aktuellen Studien^{54,55}.

Die Sensitivität liegt bei einer Leukozytose lediglich bei 57 %. Mit 70 % Sensitivität schneidet der CRP-Wert etwas besser ab. Mit einem positiven Vorhersagewert von jeweils unter 40 %, kann man allein durch Laboruntersuchung keine Appendizitis diagnostizieren. Sowohl die Leukozytenzahl als auch der CRP-Wert sind Marker für eine Entzündung im Körper. Sie sind unspezifisch und können keine Aussage über die Lokalisation oder die Ursache der Entzündung machen. Daher sollten sie stets in Verbindung mit anderen, spezifischen Parametern betrachtet werden. So zeigen auch aktuelle Studien, dass das Labor als Einzelwert eine geringe

Aussagekraft besitzt. In Kombination mit klinischen Zeichen aber scheint das Labor ein vielversprechender Marker zu sein⁴¹.

Da es sich bei der Appendizitis um eine akute Entzündung handelt, können die unauffälligen Laborwerte eine fortschreitende Appendizitis unwahrscheinlich erscheinen lassen. Dies spiegelt sich in den jeweils hohen negativen Vorhersagewerte (Leukozyten 88 %, CRP-Wert 90 %) wieder.

Schlussfolgernd kann man sagen: ein pathologisches Labor alleine ist kein guter Prädiktor für eine akute Appendizitis. Ein unauffälliges Labor spricht allerdings gegen eine akute generalisierte Entzündung^{54,56}.

4.4 Intraoperative Einschätzung

Mit einer Sensitivität von 98 % entspricht die operative makroskopische Einschätzung nahezu der endgültigen histologischen Beurteilung und ist vergleichbar hoch wie in anderen Studien⁵⁷. Die Spezifität ist mit 13 % aufgrund der niedrigen Fallzahlen eher zu vernachlässigen. Lediglich bei einem von acht Patienten wurde durch den Operateur eine akute Appendizitis diagnostiziert, obwohl die Appendix in der anschließenden histologischen Begutachtung unauffällig war. Dementsprechend sind die Fallzahlen für den negativen Vorhersagewert (drei) auch zu gering. So ist die Aussage, dass bei unauffälligem makroskopischem Befund nur zu 33 % auch keine Appendizitis vorliegt sehr vage. Sollte der Operateur aber bereits intraoperativ eine auffällige Appendix sehen, so trifft dies mit einem positiven Vorhersagewert auch zu 94 % im histopathologischen Endbefund zu. Die Spezifität und der negative Vorhersagewert würden sich mit einer höheren Fallzahl sicherlich deutlich ändern.

Von den sieben Appendektomien, welche der Operateur fälschlicherweise als pathologisch befand, waren in der histologischen Untersuchung drei komplett unauffällig und vier zeigten eine chronische Appendizitis ohne akute Entzündungsreaktion. Aus diesem Befund lassen sich allerdings rezidivierende abdominelle Beschwerden ableiten, die durch die Appendektomie eventuell

behooben wurden²⁹. Andererseits können durch abdominelle Operationen im Laufe der Zeit Narbenhernien oder Verwachsungen entstehen, welche wiederum ähnliche Beschwerden auftreten lassen. Eine Nachuntersuchung zu diesen Fällen gibt es aber nicht. Das Risiko der negativen Appendektomien ist geringer anzusetzen als das Risiko der akuten Appendizitis mit ihren Komplikationen. Die Zwei vom Operateur als unauffällig befundenen Appendices waren in der histologischen Aufarbeitung doch gering entzündlich. Die Operation war demnach indiziert, da das Ziel ist die Komplikationen der perforierten Appendizitis zu vermeiden.

4.5 Histopathologischer Befund

Betrachtet man die acht Negativ-Appendektomien einzeln genauer, ist in einem Fall bei einer ursächlichen perforierten Divertikulitis die Appendix zusätzlich mit entfernt worden. Diese war weder makroskopisch noch mikroskopisch auffällig und wurde nur aufgrund der anatomischen Nähe zum pathologischen Befund entfernt.

Dementsprechend liegt mit sieben rückblickend nicht notwendigen Operationen die negative Appendektomierate bei 5,8 %. Dieser Wert ist niedriger als in der Literatur angegeben^{58,59}.

Bei weiteren vier Appendices fanden sich in der histopathologischen Begutachtung geringe chronische aber nicht akut entzündliche Entzündungszeichen. Diese Vier wurden in der Sonographie nicht gesehen, allerdings konnte in drei Fällen freie abdominelle Flüssigkeit ausgeschlossen werden. Die klinischen Zeichen variierten zwischen unspezifisch, möglicher Appendizitis und konkretem klinischem Verdacht auf Appendizitis, das Labor war nur in einem Fall pathologisch.

In diesen wenigen Einzelfällen lässt sich diskutieren, ob das Risiko einer Operation mit ihrer möglichen Komplikationen (z.B. Risiko der Allgemeinanästhesie, Wundheilungsstörungen) dem Nutzen einer entfernten

Appendix, die möglicherweise ansonsten rezidivierende Beschwerden verursacht hätte, überwiegt oder nicht.

Zwei der in der Histologie komplett unauffälligen Appendices wurden bereits durch die sonographische Untersuchung als unauffällig identifiziert. Bei diesen beiden Fällen waren auch die indirekten sonographischen Zeichen einer Appendizitis und das Labor unauffällig. Lediglich der klinische Aspekt gab den Ausschlag zur Operation. In einem Fall zeigte der Patient keine eindeutige Klinik für eine Appendizitis, das Labor war jedoch pathologisch. Hierbei ließ sich die Appendix in der Sonographie zwar nicht darstellen, allerdings konnte freie abdominelle Flüssigkeit ausgeschlossen werden.

Das bedeutet, dass in Einzelfällen vor allem die Zusammenschau aller verfügbaren diagnostischen Befunde zu einer Entscheidung für oder gegen eine Operation führen sollte.

Insgesamt konnte bei sechs von sieben negativen Appendektomien mittels einer sonographischen Untersuchung freie abdominelle Flüssigkeit ausgeschlossen werden. Damit kann die Sonographie einen Beitrag leisten die negative Appendektomie-Rate zu senken.

4.6 Outcome

Im Spektrum der nicht-appendizitischen Pathologien war die Gastroenteritis die häufigste andere Ursache des abzuklärenden Befundes. Übelkeit, Durchfall und Bauchschmerzen sind typische Symptome bei der Vorstellung des Patienten im Krankenhaus. Sie kommen sowohl bei der Gastroenteritis, als auch bei der akuten Appendizitis vor⁶⁰. In dieser Studie wurden die Patienten eingeschlossen, welche eine Sonographie des Abdomens erhielten. Nach der klinischen Untersuchung wurde in vielen Fällen auch eine Sonographie angefordert um eine Appendizitis dadurch möglicherweise ausschließen zu können, auch wenn der Symptomverlauf für eine Gastroenteritis sprach. Der Aufwand einer Sonographie rechtfertigt die potentiellen Komplikationen einer übersehenen akuten Appendizitis.

Die 84 Patienten, welche wahrscheinlich eine Appendizitis hatten, wurden konservativ therapiert. Dies waren überwiegend Patienten der klinischen Gruppe *mögliche Appendizitis* mit meist unauffälligem Labor. In der Sonographie wurde die Appendix als unauffällig befundet oder war nicht darstellbar. Teilweise stellten die Patienten sich erneut vor. Manche wurden anschließend operiert. In der histopathologischen Begutachtung stellte sich die Appendix überwiegend mit leichten chronischen Entzündungszeichen dar. Der größte Teil dieser Gruppe stellte sich zumindest im untersuchten Zeitraum nicht erneut vor. In beiden Fällen schien also das Leiden gemindert⁶¹. Allerdings beschränkt sich diese Studie lediglich auf Daten aus dem Jahr 2008. Eine mögliche Wiedervorstellung zu einem späteren Zeitpunkt wurde nicht berücksichtigt.

Häufig blieb die Ursache unklar. Es wurde dementsprechend zumindest in dem beobachteten Zeitraum keine Operation durchgeführt. Bei 55 % dieser Patienten zeigte die Sonographie, dass eine Appendizitis eher unwahrscheinlich ist. Hier hilft die Sonographie auch bei der Entscheidungsfindung zur Therapie. Die meisten Patienten wurden für nur wenige Tage stationär aufgenommen und nach symptomatischer Therapie wieder entlassen.

Über die Diagnose einer chronischen Appendizitis wird nach wie vor kontrovers diskutiert. In der histopathologischen Begutachtung wurden Acht chronische Appendizitiden beschrieben, 29 waren chronisch verändert mit leichten akuten Entzündungszeichen. Dies deutet auf eine rezidivierende Appendizitis hin. Möglicherweise waren die Symptome in den jeweiligen Krankheitsintervallen nur leicht. Dennoch traten sie zumindest zweimal auf. Nach einer Operation könnten die Beschwerden gelindert worden sein. MUSSACK et al berichten über Beschwerdefreiheit bei 93 % der Patienten im Langzeitverlauf bei Operationen einer chronischen Appendizitis²⁹. Demgegenüber stehen wieder die allgemeinen Risiken einer Operation mit z.B. dem individuellen Risiko einer Allgemeinanästhesie.

4.7 Grenzen

Durch die Anforderung der Sonographie des Abdomens durch den Untersucher, wurden die Daten selektioniert. Nur diese Patienten wurden in diese retrospektive Studie eingeschlossen. Dementsprechend spiegeln diese Daten auch nicht die Prävalenzen der akuten Appendizitis wieder. Auch spätere Wiedervorstellungen der Patienten nach dem untersuchten Zeitraum wurden nicht berücksichtigt. Des Weiteren wurden nicht immer alle Daten in der digitalen Patientenakte hinterlegt (z.B. die Temperatur). Dies schränkte in manchen statistischen Erhebungen die Patientenzahlen ein.

Auch die Sonographie stieß teils auf ihre Grenzen, da sie abhängig von der Erfahrung des Untersuchers ist. Die meisten Untersuchungen wurden allerdings durch Assistenzärzte in verschiedenen Ausbildungsjahren durchgeführt. Dementsprechend sind die sonographischen Befunde auch nicht immer gleichwertig reproduzierbar. Es lassen sich die gewonnen Daten auch nur bedingt verallgemeinern und auf andere Krankenhäuser übertragen. Z.B. ist auch nicht an allen Kliniken die Geräteausstattung gleich.

5 Zusammenfassung

Der allgemeinradiologische Ultraschall leistet einen wichtigen Beitrag in der Routinediagnostik der akuten Appendizitis bei Kindern und Erwachsenen. Der klinische Befund, das Entzündungslabor und der sonographische Befund sind wichtige Faktoren in der Diagnosefindung bei einem Verdacht auf eine akute Appendizitis.

Die Sensitivität der klinischen Zeichen ist mit 92% bereits sehr gut, aber der positive Vorhersagewert könnte mit Hilfe der Sonographie noch verbessert werden. Das Fehlen klinischer Zeichen kann eine Appendizitis sehr unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Die Sonographie ist abhängig von der Erfahrung des Untersuchers, aber auch von der Konstitution des Patienten. Ein erhöhter BMI schränkt die Wertigkeit einer Sonographie ein. Eine Appendizitis lässt sich in der Sonographie gut

diagnostizieren oder ausschließen, wenn die Appendix darstellbar ist. Sollte sich die Appendix nicht darstellen lassen, spricht vor allem das Fehlen freier abdomineller Flüssigkeit als indirektes Zeichen gegen die Diagnose einer akuten Appendizitis.

Die Labordiagnostik ist schnell verfügbar und untersucherunabhängig. Allerdings ist sie ein schlechter Prädiktor für eine Appendizitis, kann diese aber unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Bereits etablierte Score Systeme, welche klinische Parameter abbilden, sollten mit untersucherunabhängigen Werten (z.B. Labordiagnostik) und bildgebender Diagnostik kombiniert werden. Somit kann die Zusammenschau aller verfügbaren diagnostischen Befunde zur Entscheidung für oder gegen eine Operation genutzt werden. Da das Ziel eine Vermeidung der Perforation einer akuten Appendizitis mit daraus folgenden Komplikationen ist, sollte im Zweifel dem operativen Vorgehen der Vorzug gegeben werden. Allerdings kann im Verlauf der Entscheidungsfindung die sonographische Untersuchung dazu beitragen, die Negativ Appendektomie zu senken.

6 Literaturverzeichnis

1. Ohmann C, Franke C, Kraemer M, et al. [Status report on epidemiology of acute appendicitis]. *Chirurg* 2002;73:769.
2. Addiss DG, Shaffer N, Fowler BS, et al. The epidemiology of appendicitis and appendectomy in the United States. *Am J Epidemiol* 1990;132:910.
3. Andersen SB, Paerregaard A, Larsen K. Changes in the epidemiology of acute appendicitis and appendectomy in Danish children 1996-2004. *Eur J Pediatr Surg* 2009;19:286.
4. Samelson SL, Reyes HM. Management of perforated appendicitis in children--revisited. *Arch Surg* 1987;122:691.
5. Becker K, Hofler H. [Pathology of appendicitis]. *Chirurg* 2002;73:777.
6. Siewert JR. *Basiswissen Chirurgie*. Heidelberg: Springer; 2007. 488 p.
7. Schumacher UK, Eiring P, Hacker FM. Incidence of *Bilophila wadsworthia* in appendiceal, peritoneal and fecal samples from children. *Clin Microbiol Infect* 1997;3:134.
8. Drenckhahn D, Waschke J. *Taschenbuch Anatomie*. München Jena: Urban & Fischer; 2008. 624 p.
9. Bühling KJ, Lepenies J, Witt K. *Intensivkurs allgemeine und spezielle Pathologie*. München Jena: Urban & Fischer; 2004. 523 p.

10. Koletzko B. Kinder- und Jugendmedizin. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2007. 705 p.
11. Willenberg E. 100 Jahre Appendektomie. Das deutsche Gesundheitswesen 1982;37:1513.
12. Groselj-Grenc M, Repse S, Vidmar D, et al. Clinical and laboratory methods in diagnosis of acute appendicitis in children. Croat Med J 2007;48:353.
13. Heinrich M, Schäffer K. Kinderchirurgie, Basiswissen und Praxis. München: Zuckschwerdt; 2008. 400 p.
14. Kessler N, Cyteval C, Gallix B, et al. Appendicitis: evaluation of sensitivity, specificity, and predictive values of US, Doppler US, and laboratory findings. Radiology 2004;230:472.
15. Atema JJ, Gans SL, Beenen LF, et al. Accuracy of White Blood Cell Count and C-reactive Protein Levels Related to Duration of Symptoms in Patients Suspected of Acute Appendicitis. Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine 2015;22:1015.
16. Jung JY, Na JU, Han SK, et al. Differential diagnoses of magnetic resonance imaging for suspected acute appendicitis in pregnant patients. World journal of emergency medicine 2018;9:26.
17. Babcock DS. Sonography of the acute abdomen in the pediatric patient. J Ultrasound Med 2002;21:887.
18. Sivit CJ, Applegate KE. Imaging of acute appendicitis in children. Semin Ultrasound CT MR 2003;24:74.
19. Zielke A. [Appendicitis. Present-day diagnosis]. Chirurg 2002;73:782.
20. Kosaka N, Sagoh T, Uematsu H, et al. Difficulties in the diagnosis of appendicitis: review of CT and US images. Emergency radiology 2007;14:289.
21. Kornezos I, Chatziioannou A, Kokkonouzis I, et al. Findings and limitations of focused ultrasound as a possible screening test in stable adult patients with blunt abdominal trauma: a Greek study. European radiology 2010;20:234.
22. Yigiter M, Kantarci M, Yalcin O, et al. Does obesity limit the sonographic diagnosis of appendicitis in children? Journal of clinical ultrasound : JCU 2011;39:187.
23. Franke C, Bohner H, Yang Q, et al. Ultrasonography for diagnosis of acute appendicitis: results of a prospective multicenter trial. Acute Abdominal Pain Study Group. World J Surg 1999;23:141.
24. Zielke A, Malewski U, Lindlar R, et al. [Ultrasonic diagnosis in suspected acute appendicitis: probable or certain indications for surgery?]. Chirurg 1991;62:743.
25. Hwang ME. Sonography and Computed Tomography in Diagnosing Acute Appendicitis. Radiologic technology 2018;89:224.
26. Jauch KW, Mutschler W, Wichmann M. Chirurgie Basisweiterbildung. Heidelberg: Springer; 2007. 728 p.
27. Crabbe MM, Norwood SH, Robertson HD, et al. Recurrent and chronic appendicitis. Surg Gynecol Obstet 1986;163:11.
28. Remmele W. Duodenum. Pathologie, Band 2. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer; 1996. p 381.
29. Mussack T, Schmidbauer S, Nerlich A, et al. Die chronische Appendizitis als eigenständige klinische Entität Chirurg 2002;73:710.
30. Lippert H, Koch A, Marusch F, et al. [Open vs. laparoscopic appendectomy]. Chirurg 2002;73:791.

31. Siewert JR. Chirurgie. Heidelberg: Springer; 2006. 1038 p.
32. Semm K. Endoscopic appendectomy. *Endoscopy* 1983;15:59.
33. Klempa I. [Current therapy of complicated appendicitis]. *Chirurg* 2002;73:799.
34. Abes M, Petik B, Kazil S. Nonoperative treatment of acute appendicitis in children. *J Pediatr Surg* 2007;42:1439.
35. Huston JM, Kao LS, Chang PK, et al. Antibiotics vs. Appendectomy for Acute Uncomplicated Appendicitis in Adults: Review of the Evidence and Future Directions. *Surgical infections* 2017;18:527.
36. Kaneko K, Tsuda M. Ultrasound-based decision making in the treatment of acute appendicitis in children. *J Pediatr Surg* 2004;39:1316.
37. Sammakorpi HE, Mentula P, Savolainen H, et al. The Introduction of Adult Appendicitis Score Reduced Negative Appendectomy Rate. *Scandinavian journal of surgery : SJS : official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society* 2017;106:196.
38. Kundiona I, Chihaka OB, Muguti GI. Negative appendectomy: evaluation of ultrasonography and Alvarado score. *The Central African journal of medicine* 2015;61:66.
39. Aydin D, Turan C, Yurtseven A, et al. Integration of radiological findings and a clinical score in pediatric appendicitis. *Pediatrics international : official journal of the Japan Pediatric Society* 2017.
40. Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, et al. Perzentile für den Bodymass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 2001;149:807.
41. Shogilev DJ, Duus N, Odom SR, et al. Diagnosing appendicitis: evidence-based review of the diagnostic approach in 2014. *The western journal of emergency medicine* 2014;15:859.
42. Abou Merhi B, Khalil M, Daoud N. Comparison of Alvarado score evaluation and clinical judgment in acute appendicitis. *Medical archives (Sarajevo, Bosnia and Herzegovina)* 2014;68:10.
43. Man E, Simonka Z, Varga A, et al. Impact of the Alvarado score on the diagnosis of acute appendicitis: comparing clinical judgment, Alvarado score, and a new modified score in suspected appendicitis: a prospective, randomized clinical trial. *Surgical endoscopy* 2014;28:2398.
44. Laurell H, Hansson LE, Gunnarsson U. Manifestations of acute appendicitis: a prospective study on acute abdominal pain. *Digestive surgery* 2013;30:198.
45. Peters A, Mansuria SM. The role of appendectomy at the time of laparoscopic surgery for benign gynecologic conditions. *Current opinion in obstetrics & gynecology* 2018.
46. Jeffrey RB, Wentland AL, Olcott EW. Sonography of the Cecum: Gateway to the Right Lower Quadrant. *Ultrasound quarterly* 2018.
47. Hamid KA, Mohamed MA, Salih A. Acute Appendicitis in Young Children: A Persistent Diagnostic Challenge for Clinicians. *Cureus* 2018;10:e2347.
48. Koudelka J, Preis J, Kralova M. [Diagnostic value of the rectal examination and the difference in axillo-rectal temperatures in acute appendicitis in childhood]. *Rozhledy v chirurgii : mesicnik Ceskoslovenske chirurgicke spolecnosti* 1991;70:36.

49. Putzki H, Reichert B. [Does measuring axillo-rectal temperature difference help in the diagnosis of acute appendicitis?]. *Langenbecks Archiv fur Chirurgie* 1988;373:310.
50. Sulowski C, Doria AS, Langer JC, et al. Clinical outcomes in obese and normal-weight children undergoing ultrasound for suspected appendicitis. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 2011;18:167.
51. Eng KA, Abadeh A, Ligocki C, et al. Acute Appendicitis: A Meta-Analysis of the Diagnostic Accuracy of US, CT, and MRI as Second-Line Imaging Tests after an Initial US. *Radiology* 2018;180318.
52. Reddan T, Corness J, Mengersen K, et al. Ultrasound of paediatric appendicitis and its secondary sonographic signs: providing a more meaningful finding. *Journal of medical radiation sciences* 2016;63:59.
53. Pacharn P, Ying J, Linam LE, et al. Sonography in the evaluation of acute appendicitis: are negative sonographic findings good enough? *J Ultrasound Med* 2010;29:1749.
54. Ortega-Deballon P, Ruiz de Adana-Belbel JC, Hernandez-Matias A, et al. Usefulness of laboratory data in the management of right iliac fossa pain in adults. *Diseases of the colon and rectum* 2008;51:1093.
55. Khan MN, Davie E, Irshad K. The role of white cell count and C-reactive protein in the diagnosis of acute appendicitis. *Journal of Ayub Medical College, Abbottabad : JAMC* 2004;16:17.
56. Gronroos JM, Gronroos P. Leucocyte count and C-reactive protein in the diagnosis of acute appendicitis. *The British journal of surgery* 1999;86:501.
57. Pham H, Devadas M, Howle J. Effect of surgical experience on the macroscopic diagnosis of appendicitis: a retrospective cohort study. *International journal of surgery (London, England)* 2015;16:78.
58. Charfi S, Sellami A, Affes A, et al. Histopathological findings in appendectomy specimens: a study of 24,697 cases. *International journal of colorectal disease* 2014;29:1009.
59. Singh A, Parihar US, Kumawat G, et al. To Determine Validation of RIPASA Score in Diagnosis of Suspected Acute Appendicitis and Histopathological Correlation with Applicability to Indian Population: a Single Institute Study. *The Indian journal of surgery* 2018;80:113.
60. Laji N, Bowyer R, Jeyaratnam D, et al. Another mistaken case of appendicitis. *BMJ case reports* 2015;2015.
61. Bhangu A, Soreide K, Di Saverio S, et al. Acute appendicitis: modern understanding of pathogenesis, diagnosis, and management. *Lancet (London, England)* 2015;386:1278.

7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Typisches Bild einer Appendizitis im Längsschnitt	8
Abb. 2:	Typisches Bild einer Appendizitis im Querschnitt	9
Abb. 3:	Altersabhängigkeit klinische Zeichen	18
Abb. 4:	Geschlechtsabhängigkeit klinische Zeichen	18
Abb. 5:	Vergleich klinische Zeichen mit Outcome	19
Abb. 6:	Altersabhängigkeit Fragestellung	20
Abb. 7:	Auffindbarkeitsverteilung der Appendix	21
Abb. 8:	Häufigkeiten der Appendixdurchmesser	22
Abb. 9:	Verteilung der Entzündungskategorien zw. Kindern und Erwachsenen in der Sonographie	23
Abb. 10:	Verteilung der Darstellbarkeit der Appendix	23
Abb. 11:	BMI bei nicht darstellbarer Appendices vs. darstellbarer Appendices	24
Abb. 12:	Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser in der Sonographie gesamt	25
Abb. 13:	Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser in der Sonographie Erwachsene	25
Abb. 14:	Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser in der Sonographie Kinder	26
Abb. 15:	Vergleich Sonographiebefund mit Durchmesser Kinder 3-8 Jahre	26
Abb. 16:	Vergleich Appendixdurchmesser mit Outcome	27
Abb. 17:	Vergleich Sonographiebefund mit Outcome	28
Abb. 18:	Vergleich freie Flüssigkeit mit Outcome	29
Abb. 19:	Vergleich Lymphknoten mit Outcome	31
Abb. 20:	Verteilung chirurgische Beurteilung des Schweregrades	33
Abb. 21:	Verteilung Histologischer Schweregrad	34
Abb. 22:	Outcome	35
Abb. 23:	Vergleich Leukozytenzahl mit Outcome	36
Abb. 24:	Vergleich CRP-Wert mit Outcome	38
Abb. 25:	Vergleich Temperaturunterschied mit Outcome	40
Abb. 26:	Logistische Regression	42

8 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Chirurgischer Eindruck vs. Histologie	5
Tab. 2:	Klinische Zeichen ¹¹	6
Tab. 3:	Differenzialdiagnosen Appendizitis	11
Tab. 4:	Vergleich klinische Zeichen mit Outcome	19
Tab. 5:	Vergleich Appendixdurchmesser mit Outcome	27
Tab. 6:	Vergleich Sonographiebefund mit Outcome	28
Tab. 7:	Vergleich freie Flüssigkeit mit Outcome	29
Tab. 8:	Vergleich Lymphknoten mit Outcome	30
Tab. 9:	Vergleich Leukozytenzahl mit Outcome	36

Tab. 10:	Vergleich CRP-Wert mit Outcome	37
Tab. 11:	Vergleich kombinierte Laborwerte mit Outcome	39
Tab. 12:	Vergleich Temperaturunterschied mit Outcome	39
Tab. 13:	Vergleich histologischer mit operativer Einschätzung	41

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. Matthias Beissert für die Betreuung dieser Arbeit, auf dessen Unterstützung ich mich stets verlassen konnte. Des Weiteren gebührt Dr. Bernhard Petritsch und Dr. Henning Neubauer mein Dank für die Bereitstellung von Daten, die vielen persönlichen Gespräche und die Hilfe bei jedweden Problemen.

Mein weiterer Dank gilt Herrn Professor Dr. Thomas Wurmb für die Übernahme des Korreferates.

Besonders möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die es mir ermöglicht haben mein Wunschstudium zu absolvieren und mich auf meinem beruflichen und akademischen Werdegang jederzeit unterstützt haben.

Mein größter Dank gebührt meiner Frau Franziska Baldauf, die tagtäglich in allen Lebenslagen für mich da ist. Dank ihrer motivierenden Worte und liebevoller Unterstützung konnte ich diese Arbeit verfassen.