

Diplomarbeit

**Notfallsonographie im Schockraum (FAST)  
Wertigkeit im Vergleich zum Abdomen-CT**

eingereicht von

**Aleksandar Gotovac**

Mat.Nr.: 0312646

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Abteilung für Allgemeine radiologische Diagnostik  
Universitätsklinik für Radiologie/LKH-Univ. Klinikum Graz**

Betreuer

**Ao.Univ.-Prof. Dr. Helmut Schöllnast**

Zweiter Betreuer

**Dipl.-Ing Dr. techn. Markus Puchinger**

Ort, Datum .....

(Unterschrift)

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwende habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am .....*

*Unterschrift*

## Vorwort

Im Rahmen meiner Famulatur habe ich, aufgrund meines Interesses für das Fach Radiologie, Prof. Dr. Schöllnast kontaktiert um ihn zu fragen, ob er ein interessantes Thema für meine Diplomarbeit hätte. Da sich mein Interesse sehr auf Ultraschall bezieht, haben wir uns auf das vorliegende Thema „Notfallssonographie im Schockraum (FAST): Wertigkeit im Vergleich zum Abdomen-CT“ geeinigt. Alles ist dann ziemlich schnell gegangen. Nach ein paar Sitzungen haben wir das Thema und das Konzept schon formuliert gehabt, und nach einigen Korrekturen war das Thema freigegeben.

Das Thema ist insofern wichtig und interessant, weil man aus der Erfahrungen weiß, dass das Abdomen-CT dem FAST überlegen ist, man aber bisher keine Auswertung eigener Daten hatte. Die im Rahmen dieser Diplomarbeit erhobenen zentrumseigenen Daten könnten auch mit publizierten Daten verglichen werden.

Ein großer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Helmut Schöllnast, der mir die Zusammenarbeit und das Thema vorgeschlagen hat und der mich während der ganzen Zeit in meiner Tätigkeit begleitet hat.

Ein herzliches Dankeschön geht an Herrn Dipl.-Ing. Markus Puchinger, der mir in Sachen Statistik sehr geholfen hat. Oft als ich keine Idee gehabt habe, wie es weitergehen soll, waren Vorschläge von Herrn Dipl.-Ing. Puchinger entscheidend und haben mich dazu getrieben, weiter zu machen.

Ohne meine Eltern (Dr. Vaso Gotovac, FA für Innere Medizin und Dr. Vera Gotovac, FA für Arbeitsmedizin) wäre natürlich nichts möglich gewesen. Sie haben in meiner Ausbildung mit ihren Anregungen und mit ihrer großzügigen Hilfe und Unterstützung eine entscheidende Rolle gespielt. Herzlichen Dank. Hvala!

## Zusammenfassung

Je nach Krankenhaus bzw. Verfügbarkeit eines Computertomographen gibt es unterschiedliche Wege in der Polytraumadiagnostik. Einige Zentren führen bei einem Polytrauma-Patienten zuerst eine Ultraschalluntersuchung durch und wenn Pathologien (z.B. Milz- oder Leberlazerationen) gefunden werden, wird eine CT Untersuchung veranlasst. In einigen Krankenhäusern wird demgegenüber, unabhängig vom klinischen Befund und Ultraschall Befund, eine CT Untersuchung durchgeführt. Nur wenn es sich um massive Blutungen handelt, wird der Patient nach der Ultraschall Untersuchung sofort operiert. Ziel dieser Diplomarbeit ist die Evaluierung der Wertigkeit der Sonographie beim polytraumatisierten Patienten (Focused Assessment with Sonography for Trauma, Focused Abdominal Sonography in Trauma, FAST) in der Diagnose abdomineller Verletzungen im Vergleich zur abdominellen Computertomographie. Es handelt sich dabei um eine retrospektive Auswertung der Daten polytraumatisierter Patientinnen und Patienten am LKH-Universitätsklinikum Graz.

## **Abstract**

Depending on the center and the availability of a CT scanner, there may be different diagnostic approaches which are applied in the emergency room in poly-traumatized patients. Sonography (Focused Assessment with Sonography for Trauma, Focused Abdominal Sonography in Trauma, FAST) may be performed first to detect abdominal injuries followed by abdominal CT only if pathologies (e.g. spleen or liver laceration) are suspicious. In contrast, immediately abdominal CT may be carried out independently of the FAST findings in other hospitals. Only in the case of massive bleeding, the patient undergoes emergency surgery immediately after ultrasound. The aim of this thesis was to evaluate the value of FAST in the detection of abdominal injuries compared to contrast enhanced abdominal CT. For this purpose a retrospective data analysis of poly-traumatized patients who were referred to the LKH-University Hospital Graz was performed.

# Inhaltsverzeichnis

<u>Vorwort.....</u>	<u>4</u>
<u>Zusammenfassung.....</u>	<u>5</u>
<u>Abstract.....</u>	<u>6</u>
<u>Inhaltsverzeichnis.....</u>	<u>7</u>
<u>1.1. ULTRASCHALL ALLGEMEIN.....</u>	<u>8</u>
<u>1.2. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN.....</u>	<u>8</u>
<u>1.1.1. Charakteristika von Schallwellen.....</u>	<u>8</u>
<u>1.1.2. Schwächung von Schallwellen und Materie.....</u>	<u>8</u>
<u>1.1.3. Absorption.....</u>	<u>9</u>
<u>1.1.4. Reflexion und Brechung.....</u>	<u>9</u>
<u>1.1.5. Streuung und Divergenz.....</u>	<u>10</u>
<u>1.1.6. Auflösungsvermögen.....</u>	<u>10</u>
<u>1.3. BILDERZEUGUNG.....</u>	<u>11</u>
<u>1.4. GERÄTETECHNIK.....</u>	<u>11</u>
<u>1.1.7. Linearscanner.....</u>	<u>12</u>
<u>1.1.8. Sektorscanner.....</u>	<u>12</u>
<u>1.1.9. Konvexscanner.....</u>	<u>12</u>
<u>1.5. ULTRASCHALLVERFAHREN.....</u>	<u>13</u>
<u>1.1.10. A-Mode-Verfahren.....</u>	<u>13</u>
<u>1.1.11. B-Mode-Verfahren.....</u>	<u>13</u>
<u>1.1.12. M-Mode-verfahren.....</u>	<u>14</u>
<u>1.1.13. Dopplerverfahren.....</u>	<u>14</u>
<u>1.1.14. Befundbausteine.....</u>	<u>15</u>
<u>1.6. STELLENWERT GEGENÜBER KONKURIERENDEN VERFAHREN.....</u>	<u>15</u>
<u>1.7. POLYTRAUMA.....</u>	<u>16</u>
<u>1.8. SCHOCKRAUMMENAGMENT ALLGEMEIN.....</u>	<u>18</u>
<u>1.1.15. Epidemiologie.....</u>	<u>18</u>
<u>1.8.2. Phasen der Polytraumabehandlung und der Bezug zu bildgebenden Verfahren.....</u>	<u>19</u>
<u>1.9. FAST.....</u>	<u>20</u>
<u>1.10. ABDOMINALTRAUMA.....</u>	<u>23</u>
<u>1.11. TRAUMATISCHE MILZRUPTUR.....</u>	<u>24</u>
<u>1.12. TRAUMATISCHE LEBERLÄSIONEN.....</u>	<u>27</u>
<u>1.12. FREIE FLÜSSIGKEIT IN DER BAUCHHÖHLE.....</u>	<u>29</u>
<u>1.13. TRAUMATISCHE NIERENVERLETZUNG.....</u>	<u>31</u>
<u>2.1. ZIEL.....</u>	<u>34</u>
<u>2.2. MATERIAL UND METHODEN.....</u>	<u>35</u>
<u>2.2.1. Patientenkollektiv.....</u>	<u>35</u>
<u>2.2.2. Datenerhebung und Datenauswertung.....</u>	<u>35</u>
<u>2.3. ERGEBNISSE - RESULTATE.....</u>	<u>38</u>
<u>2.4. DISKUSSION.....</u>	<u>41</u>

## **I. Allgemeiner Teil**

## **1.1. ULTRASCHALL ALLGEMEIN**

Die Sonographie ist ein Schnittbildverfahren, das auf der Aussendung von Ultraschallwellen und dem Empfang der im Gewebe reflektierten Schallwellen (Echos) basiert. Als Ultraschall bezeichnet man Schallwellen, deren Frequenz über der menschlichen Hörschwelle ( $>20$  kHz) liegt. In der medizinischen Diagnostik finden in der Regel Frequenzen von 1-15MHz Anwendung. ↙ 1 ↘

## **1.2. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN**

### **1.1.1. Charakteristika von Schallwellen**

Schallwellen sind mechanische Schwingungen. Sie sind an Materie gebunden und breiten sich in longitudinaler Richtung aus. Durch die Bewegung der Materieteilchen wechseln sich Kompression und Dekompression im Gewebe ab. Während die Materieteilchen transversal und damit senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle um ihre Ruhelage schwingen, wird Energie nur in Ausbreitungsrichtung der Welle (longitudinal) transportiert. Die Lage der Teilchen bleibt im zeitlichen Mittel konstant.

Wie alle Wellen werden Schallwellen durch die Kenngrößen Wellenlänge ( $\lambda$ ), Frequenz ( $f$ ) und Amplitude ( $A$ ) beschrieben. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ( $\lambda \cdot f$ ) der Schallwellen hängt wesentlich von der Dichte und Kompressibilität des Gewebes ab. Sie ist in Luft am niedrigsten (330m/s) und im Knochen am höchsten (3300mm/s). Für Weichengewebe (Wasser, Fett, Muskulatur, Leber) beträgt die Schallgeschwindigkeit ca. 100m/s. ↙ 1 ↘

### **1.1.2. Schwächung von Schallwellen und Materie**

Beim Durchtritt durch biologisches Gewebe werden Schallwellen geschwächt. Die Ursachen der Schwächung – Adsorption, Reflexion und Brechung, Streuung und Divergenz – sind die Grundlage der Bildgebung.

### **1.1.3. Absorption**

Da Schallwellen Atome zum Schwingen bringen, entsteht Reibung. Dadurch wird kinetische Energie der Schallwellen in Wärme umgewandelt (Absorption) und die Amplitude der Schallwellen längs ihrer Ausbreitungsrichtung nimmt ab. Die Schwächung bzw. Dämpfung der Schallwellen erfolgt exponentiell. Ihr Ausmaß hängt von der Kompressibilität und Dichte des Materials und von der Frequenz ab. Die Dämpfung durch Absorption ist in Wasser geringer als in Weichteilgewebe, am höchsten in Knochen. Eine hohe Frequenz wird stark gedämpft und hat deshalb nur eine geringe Eindringtiefe. Daher gilt: Je niedriger die Frequenz, desto größer die Eindringtiefe. Je tiefer also die zu beurteilenden Organstrukturen liegt, desto niedriger muss die Frequenz des zu wählenden Schallkopfes sein. Ein typischer Schallkopf für die Sonographie oberflächlicher Strukturen (Kutis, Lymphknoten, Mamma) hat eine Frequenz von 7,5 – 12 MHz, ein Schallkopf für Muskulatur und Gefäßdiagnostik 5 MHz und für die Abdomensonographie 3,5 MHz. Je höher die Frequenz ist, desto höher ist die Ortsauflösung. Daher muss bei jeder Ultraschalluntersuchung ein Kompromiss zwischen erforderlicher Eindringtiefe und gutem Auflösungsvermögen gefunden werden. ✓ 1 ↘

### **1.1.4. Reflexion und Brechung**

Trifft eine Schallwelle auf eine Grenzfläche zwischen Geweben mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften, wird sie teilweise als Echo zurückgeworfen (Reflexion) und/oder ändert ihre Ausbreitungsrichtung (Brechung). Das Ausmaß von Reflexion und Brechung hängt davon ab, wie stark sich die Schalleitungsfähigkeit (akustische Impedanz) der beiden Gewebe unterscheidet.

Besonders große Impedanzunterschiede finden sich zwischen Luft oder Knochen und den meisten anderen Geweben. Daher findet an Grenzflächen zwischen Luft, Knochen oder kalkdichten Konkrementen (z.B. Gallenstein) und anderen Geweben eine nahezu 100% Reflexion statt. Die Ultraschallwelle kann diese Grenzfläche nicht durchdringen. Aus der

Region jenseits der Grenzfläche gelangen daher keine Echos zum Schallkopf. Dorsal der Grenzfläche resultiert eine Schallauslöschung (dorsaler Schallschatten). Die dorale Schallauslöschung bei Meteorismus behindert die Beurteilung der Oberbauchorgane, besonders des Pankreas. Besondere praktische Bedeutung hat der Impedanzunterschied zwischen Luft und Gewebe beim Aufsetzen des Ultraschallkopfes auf die Haut. Damit es nicht schon an dieser Grenzfläche zur vollständigen Reflexion kommt, ist eine Ankopplung durch ein Ultraschall-Kontaktgel notwendig. ✓1↘

### **1.1.5. Streuung und Divergenz**

Treffen Schallwellen auf Strukturen, die kleiner als ihre Wellenlänge sind, werden sie in alle Raumrichtungen abgelenkt (Streuung). Durch die ungerichteten Echos zeigt das Sonogramm einen hellen Schleier. Der Kontrast und damit die Detailerkennbarkeit nehmen ab. Dieser Effekt tritt am häufigsten bei der Leberverfettung ein. Die sehr feinen Fetttröpfchen führen zu einer diffus erhöhten Echodichte der Leber, wodurch Herdbefunde sich schlechter abgrenzen lassen. Ein weiterer Grund für die Schwächung der Schallwellen ist das mit der Entfernung von der Schallquelle zunehmende Auseinanderlaufen des Strahlenbündels (Divergenz). Ausschlaggebend hierfür sind nicht die Gewebeeigenschaften, sondern der Aufbau des Schallkopfes und die Eindringtiefe des Schalles. ✓1↘

### **1.1.6. Auflösungsvermögen**

Das Auflösungsvermögen ist für die Aussagekraft der Sonographie von größter Bedeutung. Es beschreibt die Fähigkeit, zwei getrennte Gewebsstrukturen auch getrennt darzustellen. Man unterscheidet zwei Formen des Auflösungsvermögens: Unter dem axialen Auflösungsvermögen versteht man den kleinsten Abstand zweier noch getrennt abgebildeter Grenzflächen in Schallausbreitungsrichtung. Es hängt nur von der Wellenlänge ab und beträgt z.B. 0,2-0,3mm bei 7,5 MHz. ✓1↘ Das laterale Auflösungsvermögen ist der kleinste Abstand zweier noch getrennt abgebildeter Strukturen, die senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung liegen. Es ist stets schlechter als das axiale Auflösungsvermögen. Es hängt von der Wellenlänge und der Schallfeldbreite, also der Geometrie des Schallkopfes ab und nimmt mit zunehmender Eindringtiefe ab. ✓1↘

### **1.3. BILDERZEUGUNG**

Grundlage für die Aussendung und den Empfang von Ultraschallwellen ist der piezoelektrische Effekt. Legt man an Kristalle mit polaren Achsen (Piezokristalle) eine Wechsellspannung an, verformen sie sich periodisch. Dabei entstehen mechanische Schwingungen. Dieser Effekt ist umkehrbar: Schallwellen verformen Piezokristalle was zu einer messbaren Spannung führt. Daher dient ein Piezokristall als Sender als auch als Empfänger. Er sendet einen kurzen Schallimpuls von ca. 0,3-0,6  $\mu$ s Dauer. Anschließend dient er als Empfänger für die Echos. Um eine eindeutige Ortskodierung vornehmen zu können, müssen alle Echos am Schallkopf angekommen sein, bevor der nächste Schallimpuls erfolgen kann (Puls-Echo-Prinzip). Bildgebendes Prinzip ist die Schwächung der Ultraschallwellen im Körper:

1. Schallwellen werden von Geweben verschiedener Dichte unterschiedlich stark reflektiert. Die Differenz der Amplituden von ausgesandter Schallwelle und Echo gibt Aufschluss über das durchstrahlte Gewebe.
2. Die Laufzeit der Schallwellen, d.h. die Zeit von der Aussendung bis zum Empfang, ist, je nachdem an welcher Grenzfläche sie reflektiert wurden, unterschiedlich. Geht man von einer konstanten Ausbreitungsgeschwindigkeit im Gewebe aus, gibt die Laufzeit Aufschluss über die Lage der Grenzfläche im Körper. ✓ 1 ✗

### **1.4. GERÄTETECHNIK**

Ein Ultraschallgerät besteht aus dem Schallkopf, der Piezokristalle enthält, und einer Steuereinheit, von der aus die Piezokristalle angesteuert werden. Die Echos werden in elektrische Impulse umgewandelt, verstärkt und auf einem Monitor dargestellt. Die Ansteuerung der Piezokristalle und die Auswertung der Echos erfolgt so, dass ca. 20 Bilder pro Sekunde auf dem Monitor aufgebaut werden (Real-time-Sonographie). Nach der Anordnung der Piezokristalle im Schallkopf unterscheidet man mehrere Schallkopf-Arten: Liniar-, Sektor- und Konvexscanner. ✓ 1 ✗

### **1.1.7. Linearscanner**

Im Linearscanner sind mehrere Piezokristalle nebeneinander angeordnet. Sie werden einzeln oder in Gruppen nacheinander angesteuert. Das Schallfeld des Linearscanners ist rechteckig, wodurch auch in der Tiefe eine annähernd gleich bleibende Bildqualität resultiert. Auch das Bild ist rechteckig. Die Bildfeldbreite hängt von der Breite des Schallkopfes ab. In jeder Gewebetiefe bleiben also Bildbreite und abgetastete Liniendichte konstant. Ein Vorteil ist die gute Nahfeldauflösung – daher werden Linearschallköpfe bevorzugt im höheren Frequenzen (5.0 – 10.0 MHz) für die Weichteil- und Schilddrüsendiagnostik eingesetzt. Ein Nachteil ist jedoch die Größe der Ankopplungsfläche: Dadurch kann bei gebogener Hautoberfläche schnelle störende Luft zwischen Schallkopf und Haut geraten (Ankopplung). Außerdem können Schallschatten hinter Rippen, Lunge oder Darmgas das Bild stark beeinträchtigen. Daher werden Linearschallköpfe nur selten für die Darstellung thorakaler und abdominaler Organe eingesetzt. ✓ 1 ✗

### **1.1.8. Sektorscanner**

Beim Sektorscanner bewegt ein Elektromotor die Piezokristalle schrittweise um ihre Achse. Dabei werden die Schallwellen so ausgesandt, dass ein flächenförmiges Schallfeld entsteht. Es resultiert ein schmaler Nahfeldbildausschnitt und ein breiter Bildausschnitt aus der Gewebetiefe. Sektorscanner sind auf Grund ihres kleinen Schallkopfes sehr handlich. Auch schmale Schallfenster (Interkostalraum) lassen sich gut einsehen. Dieser Schallkopf findet vor allem in der Kardiologie mit tieferen Frequenzen (2.0 – 3.0MHz) Verwendung, die eine größere Eindringtiefe erlauben. Durch die fächerförmige Ausbreitung der Schallwellen kann trotz schmalen Interkostalfenster eine breitere Darstellung des Herzens ohne störende Schallschatten der Rippen erzielt werden. Die Nachteile dieses Schallkopftyps sind die schlechte Nahfeldauflösung und die mit der Eindringtiefe abnehmende Liniendichte mit entsprechend reduziertem Auflösungsvermögen. Außerdem ist die Einstellung der gewünschten Bildebene etwas anspruchsvoller und übungsintensiver. ✓ 1 ✗

### **1.1.9. Konvexscanner**

Hier sind die Piezokristalle bogenförmig angeordnet. Dadurch verbindet diese Schallkopfkonstruktion das gute Auflösungsvermögen des Linearscanners mit dem weiten Gesichtsfeld des Sektorscanners. Ein Konvexschallkopf oder „curved array“ ist also ein Mischtyp zwischen den beiden vorgenannten Typen. Die Form des Monitorbildes erinnert hier an einen Kaffeefilter und verbindet eine gute Nahfeld- mit einer nicht relativ guten Fernfeldauflösung. Der Hauptvorteil der leicht gebogenen Ankopplungsfläche liegt in der Möglichkeit, störende enterale Luft durch zunehmenden Druck aus der Bildebene zu verdrängen. Bei diesem Typ müssen jedoch auch eine abnehmende Auflösung in der Tiefe und, je nach Ankopplungsposition, auch Schallschatten hinter Rippen in Kauf genommen werden. Dieser Typ wird für die Abdomensonographie mit Frequenzen zwischen 2.5 MHz (sehr adipöse Patienten) und 5.0 MHz (schlanke Patienten) eingesetzt. Die übliche Mittelfrequenz („Centerfrequenz“) liegt bei 3.5 – 3.75 MHz. ↙ 1 ↘

## **1.5. ULTRASCHALLVERFAHREN**

### **1.1.10. A-Mode-Verfahren**

Die einfachste Realisierung des Puls-Echo-Prinzips in der Ultraschalldiagnostik ist das A-Mode-Verfahren. Nach einem kurzen Schallimpuls werden die Amplituden der Echos auf einer Zeitachse aufgetragen (A-Mode = Amplitudenbild). Aufgrund der konstanten Schallgeschwindigkeit im Gewebe entspricht die Zeitachse der Entfernung vom Schallsender, in der die Echos entstanden sind. Das A-Mode-Verfahren wird nur noch gelegentlich in der Pädiatrie, zur Echoenzephalographie, die eine Mittellinienverlagerung durch Raumforderungen im Gehirn nachweist, sowie zur Sinusitisdiagnostik eingesetzt. ↙ 1 ↘

### **1.1.11. B-Mode-Verfahren**

Das B-Mode-Verfahren stellt eine Fortentwicklung des A-Modus dar. Je nach der Amplitude im Verlauf der Laufstrecke werden den Echos Grauwerte zugeordnet. Je höher die Amplitude, desto stärker nähert sich der Grauwert Weiß an. Viele nebeneinander-liegende Grauwertlinien ergeben dann ein Helligkeitsschnittbild (B-Mode = brightness mode). Das B-Mode-Verfahren ist das in der medizinischen Diagnostik am häufigsten eingesetzte Verfahren. ↙ 1 ↘

### **1.1.12. M-Mode-verfahren**

Auch beim M-Mode werden die Amplituden der Echos in Grauwerte umgewandelt. Es wird ein konstanter Ort beschallt wobei die Echos auf einer Zeitachse aufgetragen werden. Dadurch können dynamische Prozesse (M-Mode=motion mode), wie z.B. die Herzklappenbewegung, dargestellt werden. Der M-Mode wird hauptsächlich in der Kardiologie eingesetzt. ↙ 1 ↘

### **1.1.13. Dopplerverfahren**

Das Dopplerverfahren wird in der Gefäßdiagnostik angewendet. Die Dopplersonographie beruht auf dem Doppler-Effekt, wonach es zu einer Frequenzverschiebung zwischen den ausgesendeten und vom fließenden Blut reflektierten Ultraschallwellen kommt. Diese Verschiebung verhält sich proportional zur Strömungsgeschwindigkeit. Damit kann einerseits die Strömungsrichtung erkannt und farblich kodiert werden, andererseits werden Gefäßeinengungen, die sich als Flussbeschleunigung und in Form von poststenotischen Strömungsturbulenzen bemerkbar machen, nachgewiesen.

Die Duplexsonographie stellt eine Kombination aus B-Scan-Sonographie mit einer integrierten Dopplereinheit dar. Neben dem morphologischen Schnittbild wird hierbei das Strömungsprofil in einem gewünschten Messvolumen abgebildet. Dieses Messvolumen kann mit Hilfe eines B-Bildes durch entsprechende Einstellung des Dopplerstrahles gewählt werden. Simultan werden dann das Gefäßschnittbild, das Messvolumen und das Dopplerspektrum auf dem Monitor dargestellt. Das Dopplerbild unterscheidet sich hierbei nicht grundsätzlich von dem der einfachen Doppleruntersuchung, jedoch wird der Untersuchungsgang durch die B-Scankontrolle erleichtert und die Untersuchung kann somit

auf standardisierte Punkte im Gefäß und auf Abschnitte mit suspekten morphologischen Veränderungen beschränkt werden.

Mit der farbkodierten Duplexsonographie (FKDS) werden simultan Bild- und Flussinformationen aufgezeichnet. Das Strömungsbild ist nicht auf ein kleines Messvolumen beschränkt, sondern es werden beliebig große, im B-Bild vorhandenen Areale in einer Farbskala kodiert. Phasenverschiebung und Frequenzdifferenz zwischen ausgesendetem und reflektiertem Signal geben Richtung und Geschwindigkeit der Blutströmung an. So werden lokale Befunde mit Strömungsveränderungen wie Verwirbelung und Flussbeschleunigung direkt anschaulich abgebildet. ✓ 1 ↘

#### **1.1.14. Befundbausteine**

An einer Grenzfläche mit großem Impedanzunterschied entsteht ein echostarker Reflex, d.h. ein heller Punkt bzw. Linie. Eine Vielzahl von Grenzflächen innerhalb einer Struktur erhöht die Anzahl der Echos. Das Gewebe erscheint insgesamt hell (echoreich). Die gesunde Leber weist die gleiche Echodichte wie das Nierenparenchym auf. Bei einer Leberverfettung ist das Lebergewebe deutlich echoreicher (heller). Ultraschallwellen werden an der Oberfläche von Knochen und Kalk vollständig reflektiert. Hinter der Grenzfläche resultieren keine Echos. Konkrement der Gallenwege oder Niere weisen daher eine dorsale Schallauslöschung auf. Die Schallabsorption in Flüssigkeit ist geringer als im Weichgewebe. Der Inhalt von Zysten ist daher echofrei. Da in der Zystenflüssigkeit, anders als im benachbarten Gewebe, der Schall nicht absorbiert wurde, resultiert hinter einer Zyste eine (relative) dorsale Schallverstärkung. ✓ 1 ↘

### **1.6. STELLENWERT                    GEGENÜBER                    KONKURIERENDEN VERFAHREN**

Die Sonographie ist ein ubiquitär verfügbares und kostengünstiges Untersuchungsverfahren. Die Treffsicherheit hängt sehr von der Erfahrung des Untersuchers und vom Patientenhabitus ab. Da schädigende Einflüsse auf den menschlichen Organismus beim diagnostischen Ultraschall nicht nachgewiesen sind, wird die Sonographie als primäres Bildgebungsverfahren bei zahlreichen Fragestellungen eingesetzt. Bei schlechten

Schallbedingungen (ausgeprägte Adipositas, Meteorismus) stößt die Sonographie an ihre Grenzen. Schlanke Patienten sind daher ideal für die Ultraschalluntersuchung des Abdomens geeignet. Die Aussagekraft bei Adipösen ist oft limitiert und es können zur Abklärung von Befunden oft andere Schnittbildverfahren (CT, MRT) notwendig sein. Darüber hinaus lassen sich Flüssigkeiten (frisches Blut vs. Aszites) sonographisch oft nicht unterscheiden. ✓1\

## **1.7. POLYTRAUMA**

Als Polytrauma bezeichnet man in der Medizin mehrere gleichzeitig geschehene Verletzungen verschiedener Körperregionen, wobei mindestens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich ist.

Eine Trauma ist in der Medizin eine Schädigung, Verletzung oder Wunde, die durch Gewalt verursacht wird. Die durch das griechische Wort poly- (viele) angezeigte Mehrfachverletzungen wird unterschieden von der isolierten Verletzungen einer einzelnen Körperregionen, die ebenso lebensbedrohlich sein kann, z.B. isoliertes Schädel-Hirn Trauma. Die häufigsten Ursachen für Polytraumen sind Verkehrsunfälle und Stürze aus großer Höhe. Die Versorgung polytraumatisierter Patienten macht ca. 1% aller Notarzteinsätze aus. ✓2\

Das Polytrauma nimmt in der Medizin aus mehreren Gründen eine Sonderstellung ein:

- Für Patienten mit Polytrauma besteht Lebensgefahr. Das behandelnde Team steht somit unter großer Verantwortung;
- Diese Lebensgefahr ist hochakut, damit besteht ein großer Zeitdruck für alle durchzuführenden diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen;
- Definitionsgemäß sind mehrere Körperregionen oder Organe betroffen. Der behandelnde Arzt muss also unterschiedlich schwerwiegende und dringliche Verletzungen gleichzeitig beurteilen und eventuell sofort die dringendsten Verletzungen behandeln;

Es handelt sich also um eine außerordentlich komplexe medizinische Fragestellung, die unter höchstem Zeitdruck, mit höchstem Risiko und unter großer psychologischer Belastung gelöst werden muss.

Eine bildgebende Erstdiagnostik ist auf Grund fehlender Möglichkeiten am Einsatzort bei Polytraumapatienten oft nicht möglich, auch wenn schon tragbare Ultraschallgeräte zu diesem Zweck entwickelt wurden. Stattdessen steht für Helfer die Überprüfung lebenswichtigen Funktionen des Körpers (Bewusstsein, Atmung, Herzschlag) im

Vordergrund. Wichtig ist dabei, dass man sich nicht durch leichte aber spektakulär aussehende Verletzungen, wie zum Beispiel eine blutende entstellende Gesichtswunde, von schweren Verletzungen, z.B. die Atmung behindernde innere Blutung, ablenken lässt.

Besonders bei polytraumatisierten Patienten ist die Einhaltung der „Golden Hour“ anzustreben. Gemäß dieser Empfehlung sollte zwischen Eintreffen des Rettungsdienstes und der Übergabe an den Schockraum im Krankenhaus nicht mehr als eine Stunde liegen.

Der Rettungsdienst (Rettungssanitäter, Rettungsassistent, Notarzt) untersucht den Patienten am Unfallort zunächst kurz in Bezug auf die Vitalfunktionen und ergreift ggf. sofort lebensrettende Maßnahmen wie Intubation, Beatmung, Herzdruckmassage, Anlage einer Thoraxdrainage, Schaffung von mehreren möglichst großlumigen venösen Zugängen und der Beginn einer Volumentherapie mit Infusionen zur Kreislaufstabilisierung. Er verschafft sich in der gebotenen Eile auch einen groben Überblick über einige wichtige Körperstrukturen und Funktionen (z.B. Pupillen, Thorax, Abdomen, Becken, Neurologie). Ist die Transportfähigkeit hergestellt, wird der Patient schnellstmöglich in ein für die Versorgung von polytraumatisierten Patienten geeignetes Krankenhaus gebracht (Trauma-Zentrum). Es ist Aufgabe des Notarztes aufgrund des Verletzungsmusters einzuschätzen, welche medizinischen Fachrichtungen in diesem Krankenhaus vorhanden sein müssen, um den Patienten adäquat zu versorgen z.B. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Thoraxchirurgie, Neurochirurgie bei Schädel-Hirn-Trauma.

Ca 50% der Polytrauma-Patienten versterben noch am Unfallort, je nach Schwere des Schocks. Die Transportbereitschaft sollte innerhalb von 10 bis 15 Minuten hergestellt sein, damit man innerhalb der „golden hour“ dem Patienten in einem Trauma-Zentrum die Maximalversorgung zukommen lassen kann. Auch deswegen sollte die Indikation für den Einsatz von Rettungshubschraubern großzügig gestellt werden.

Die weitere Versorgung des Polytraumatisierten wird typischerweise im Schockraum des Krankenhauses vorgenommen, idealerweise nach standardisierten Vorgehensweisen, wie etwa dem ATLS Konzept. Advanced Trauma Life Support (ATLS) ist ein Ausbildungskonzept, das standardisierte diagnostische und therapeutische Handlungsabläufe in der frühen innerklinischen Erstversorgung von schwerverletzten (polytraumatisierten) Patienten im Schockraum definiert. Es wurde in den 1970er Jahren vom American College of Surgeons entwickelt und wird heute in einer Vielzahl von Ländern ausgebildet und angewendet.

Die Grundidee des ATLS ist, die bedrohlichsten Verletzungen und Störungen der Vitalfunktionen des Patienten schnell zu erfassen und zu behandeln („treat first what kills first“). Dies geschieht durch die Erstuntersuchung und –versorgung („primary survey“), die

dem sogenannten ABDE-Schema folgt: Der Atemweg (A-Airway) wird gesichert, eine Beatmung (B-Breathing), falls notwendig, durchgeführt, der Kreislauf (C-Circulation) durch das Stoppen massiver Blutungen und Infusionstherapie stabilisiert und eine orientierende neurologische Untersuchung durchgeführt (D-Disability). Als abschließender Punkt wird der Patient entkleidet, orientierend chirurgisch untersucht und anschließend aufgewärmt (E-Exposure). Im Anschluss an diese Versorgung werden in einer zweiten, ausführlichen Phase („Secondary survey“) alle relevanten Verletzungen und Erkrankungen diagnostiziert, wobei auch bildgebende Verfahren (Röntgen, CT) zum Einsatz kommen ↙ 3 ↘ ↙ 4 ↘.

## 1.8. **SCHOCKRAUMMENAGEMENT ALLGEMEIN**

### 1.1.15. **Epidemiologie**

Das durchschnittliche Alter eines Polytrauma-Patienten beträgt 40 Jahre. Die Letalität liegt zwischen 13 und 34% und ist somit sehr hoch. Das Polytrauma ist die häufigste Todesursache in der Altersgruppe bis 40 Jahre. Ungefähr 70 % der Patienten sind männlich. ↙ 5 ↘

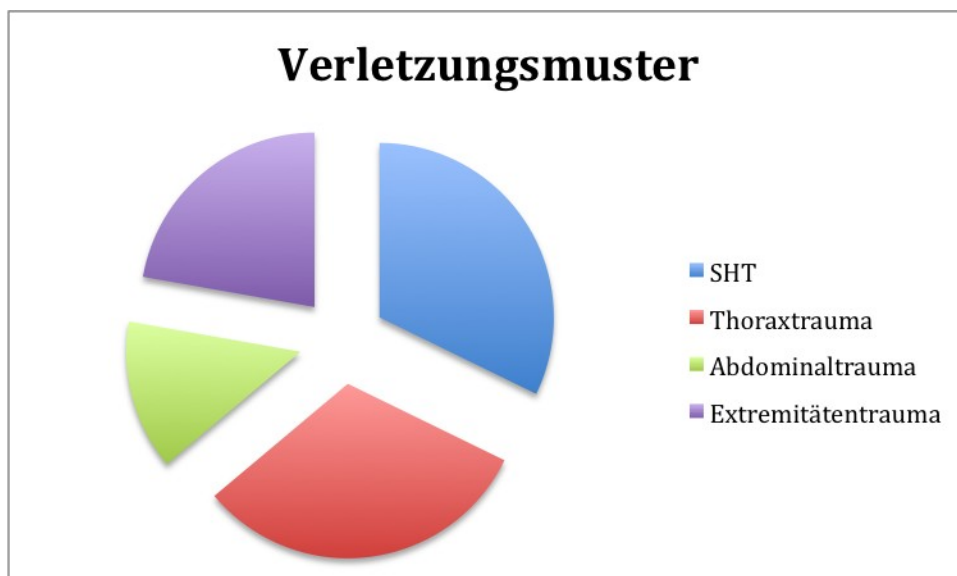


Abb. 1. Verletzungsmuster bei Polytrauma: SHT liegt an 1. Stelle mit 58%, gefolgt von Thoraxtrauma 27%, Extremitätentrauma 40% und Abdominal- und Beckentrauma 25%;

Ein Schockraumteam sollte normalerweise aus folgenden medizinischen Fachkräften bestehen:

- Facharzt für Unfallchirurgie (Teamleader!);
- Facharzt für Anästhesie;
- Konsiliarärzte je nach Verletzungsmuster und notwendigen Diagnostik; (Radiologie, Allgemeinchirurgie, Thoraxchirurgie, Neurochirurgie);
- Pflegepersonal: 1 unfallchirurg. Pflegeperson
  - 1 anästhesiolog. Pflegeperson
  - 1-2 OP Gehilfen
  - 1-2 Röntgenassistenten;

Ein für Diagnostik und Therapie geeigneter Schockraum sollte mit folgenden Geräten ausgestattet:

- Anästhesiologische Ausstattung (Beatmungseinheit, Narkosewagen, Absauger etc.);
- Röntgendurchlässige mobile Schockraumliege;
- Radiologische Ausstattung (Sonographiegerät, Röntgengerät (ggr. Mobiler C-Bogen)-optimal CT im Schockraum, Doppler-Sonographie);
- große und kleine Wundversorgung, Level One, Cell-Saver, Schienen (Luftkammerschienen, Vakuumschienen etc.), Blasenkatheter, Blutwärmergerät, Wärmemöglichkeit für den Patienten etc.;
- Fertige griffbereite Notfall-Sets: Thoraxdrainage, Verbrennung, Laparotomie, Thorakotomie, Vennekatheter, arterielle Katheter, Venae sectio;

### **1.8.2. Phasen der Polytraumabehandlung und der Bezug zu bildgebenden Verfahren**

Der allgemeine Algorithmus wird in mehrere Phasen unterteilt:

- Minute 1-Phase Alpha: Lebensbedrohliche Atmungs- und Kreislaufstörungen werden beseitigt und lebensrettende Sofortmaßnahmen initiiert;
- Minute 5- Phase Bravo: Dringliche Sofortmaßnahmen werden eingeleitet und Atmung und Kreislauf weiterhin stabilisiert;

-Minute 30-Phase Charlie: Zusammenfassung der obligaten klinischen und radiologischen Maßnahmen zur Primärdiagnostik. In diesem Rahmen wird innerhalb der ersten 15 Minuten die Durchführung der bildgebenden Basisdiagnostik gefordert. Es gibt hier zwei Möglichkeiten:

-entweder die Stufendiagnostik, welche die Aufnahmen des Thorax a.p. im Liegen, die Darstellung von Schädel in zwei Ebenen und HWS seitlich, eigene Thorax- bzw. Beckenübersichtsaufnahme sowie die sonographische Untersuchung des Abdomens umfasst;

-Oder alternativ der CT-Traumascan, mit dem alle geforderten Strukturen in einem Arbeitsschritt dargestellt werden. Parallel werden die entsprechenden therapeutischen Maßnahmen und das Monitoring des Patienten durchgeführt;

-Minute 60- Phase Delta: Komplettierung der diagnostischen Maßnahmen, wie CT, MRT und eventuell digitale Subtraktionsangiographie (DSA). Vervollständigen der röntgenologischen Untersuchung mit Ausweitung der Bildgebung auf die Extremitäten. Verlegung des Patienten auf Intensiv- oder Operativstation;

In der Phasen Charlie und Delta liegt der Haupteinsatz für die diagnostische und interventionelle Radiologie. Laut Strategie 1 erfolgt hier die Darstellung mittels konventionellem Röntgen. Dieser erstdiagnostische Schritt soll Aufschluss über die Gesamtsituation des Patienten geben und die erfahrungsgemäß am häufigsten betroffenen Körperregionen mit erhöhtem Risiko für den Patienten erfassen. Instabile Verletzungen im Bereich des Beckens oder der Wirbelsäule erschweren den Umgang mit dem Patienten und machen besondere Lagerungs- und Mobilitätstechniken notwendig. Strategie 2 empfiehlt den Einsatz des CT-Traumascans. Dieser bietet erweiterte diagnostische Möglichkeiten bei einer Risikoreduzierung für den Patienten, da auf die mehrfache Umpositionierung des Patienten verzichtet werden kann ✓6\.

## **1.9. FAST**

Die FAST (Focused Abdominal Sonography for Trauma oder Focused Assessment with Sonography for Trauma) wird im Rahmen der Polytraumaversorgung in erster Linie zum Nachweis bzw. Ausschluss von intraabdominellen Flüssigkeitsansammlungen durchgeführt. Des Weiteren erlaubt sie einen Überblick über die parenchymatösen Abdominalorgane. Zusammen mit der konventionellen Röntgenaufnahme stellt sie die erste bildgebende Untersuchung des Patienten dar. So ist die Frage nach einem Hämatothorax, einem

Hämatoperikard oder freier Flüssigkeit schon im Schockraum zu beantworten, noch bevor der Patient einer weitergehenden Untersuchung unterzogen wird. Dies trifft besonders bei viszeralen und intrapelvinen Verletzungen zu. Die Flüssigkeitsansammlungen folgen hier den anatomischen Gegebenheiten. So findet sich eine Flüssigkeitsstraße zwischen Leber und rechter Niere, da hier die retroperitoneale Lage der Niere eine Grenzschicht im dorsalen Abdomen bildet. Auf diesem dorsalen Peritoneum schwimmt die Flüssigkeit auf und bildet einen typischen hypodensen, bandförmigen Saum. Bei geringer Flüssigkeitsmenge, die sich durch die Umlagerung des Patienten nicht in präformierten Höhlen sammeln kann, verteilt sich die Flüssigkeit entlang der Darmschlingen. Auch hier kann ein hypodenser Randsaum nachgewiesen werden, welcher eventuell jedoch sehr zart zur Geltung kommt. Bei perforierenden, aber gedeckten, sowie bei nicht sezernierenden Organverletzungen kann das Zeichen der freien Flüssigkeiten ausbleiben. Hier kann der Nachweis der Parenchymverletzungen sonographisch schwierig sein. Der Retroperitonealraum sollte beidseitig kontrolliert werden, um Blutungen der Nieren auszuschließen. Beckenverletzungen mit Zerreißung der Iliakalgefäße bilden ausgedehnte Hämatome im Douglasraum (Excavatio retrovesicalis/rectouterina). Die Größe der Hämatome in diesem Bereich kann hämodynamische Auswirkungen haben. Daher stellen unstillbare Massenblutungen neben dem Schädelhirntrauma den häufigsten Grund für die Frühletalität beim polytraumatisierten Patienten dar. Insbesondere Verletzungen des knöchernen Beckens, welche aufgrund von Schwerkrafteinwirkungen entstanden sind, resultieren in ausgedehnten intrapelvinen Blutungen. Im Zuge des Nachweises von freier Flüssigkeit werden die parenchymatösen Organe sonographisch untersucht. Organanomalien können somit im Vorfeld der computertomographischen Untersuchung festgestellt werden.

Die Vorteile der FAST-Sonographie sind vor allem, dass die mobilen Sonographiegeräte schnell zur Verfügung stehen: die Ergebnisse liegen aufgrund der direkten Ausgabe sofort vor. Der Untersucher muss umfassende Erfahrungen in diesem Bereich der Diagnostik vorweisen, um eine sonographische Untersuchung unter Polytraumabedingungen durchführen zu können, da reflektorische abdominelle Prozesse die Schalleitung empfindlich stören können. So kann es bei Ungeübten zu Fehlinterpretationen kommen, die die anschließende Weiterbehandlung verzögern. Um eine sonographische Untersuchung unter Notfallbedingungen erfolgreich durchführen zu können, werden standardisierte Untersuchungsabläufe eingeführt. Sie sollen die Beurteilung erleichtern und die Lokalisierung von Läsionen beschleunigen.

Die FAST-Sonographie wird in vier Standardschnitten durchgeführt. Sie sollen ein genaues, übersichtliches Bild über die Verletzungsausmaße der Leber und der übrigen Bauchorgane geben:

- Längsschnitt rechtslateral: rechte Niere, rechter Leberlappen, Morrison-Pouch, Zwerchfell, Pleura;
- Längsschnitt linkslateral: linke Niere, Milz, Koller-Pouch (zwischen dem Parenchym der Milz und der linken Niere), Zwerchfell, Pleura, Perikard;
- Querschnitt epigastrisch: linker Leberlappen, Perikard, große Grfäße, Pankreas;
- Querschnitt suprapubisch: Douglas-Raum; ↙ 7 ↘

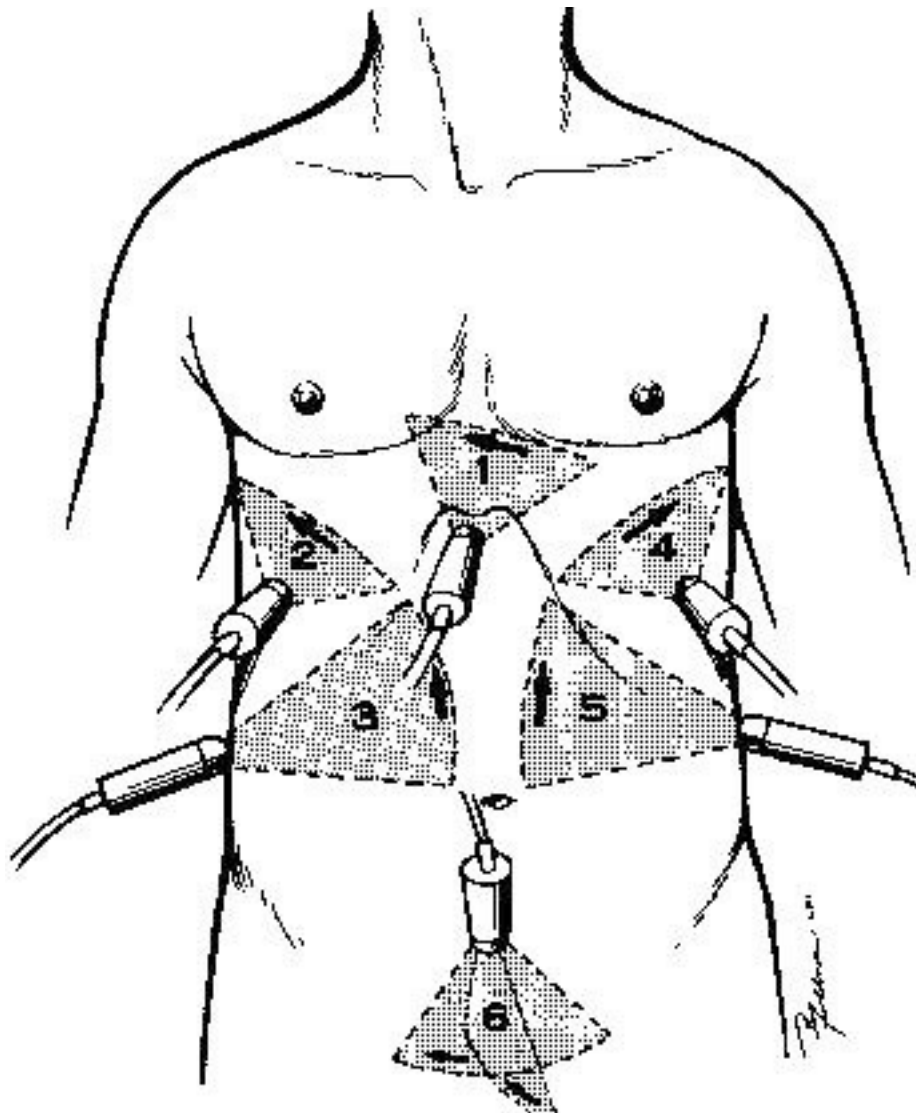


Abb. 2. Sechs standardisierte Schnitte bei der FAST-Sonographie;

Die Milz sowie das Pankreas können von Darmstrukturen oder knöchernem Thorax überlagert sein, wodurch die ganue Darstellung verhindert werden kann. Hier erweist sich die MDCT als vorteilhaft. Gedeckte Perforationen und Minimalblutungen können unerkannt beliben. Die Untersuchung des Patienten mittels CT-Traumascan stellt auch kleinere Blutungen, Organverletzungen und Gefäßläsionen mit hoher Sensitivität dar.

## **1.10. ABDOMINALTRAUMA**

Unter dem Abdominaltrauma versteht man Verletzungen der Organe im Abdomen, die durch eine Gewalteinwirkung auf die Leibeswand hervorgerufen wurden. Stumpfe oder perforierende Verletzungen können zum Abdominaltrauma führen. Stumpfe Verletzungen werden z.B. durch einen Sicherheitsgurt, Schläge oder Einklemmungen verursacht, während z.B. Messerstriche oder Schüsse Ursachen einer perforierenden Verletzung sind.

Die Symptome sind sehr variabel. Möglich sind nur Prellmarken und ein Hämatom der Bauchdecke, aber auch das Vollbild eines akuten Abdomens. Ein hypovolämischer Schock entsteht bei ausgeprägten Blutverlusten.

Bei stumpfen Verletzungen sind in absteigender Rheinform die Milz, die Leber, die Nieren, der Gastrointestinaltrakt, die Harnblase und das Zwerchfell betroffen.

Perforierende Verletzungen führen in absteigender Rheinform zu Verletzungen im Bereich des Dünndarms, des Mesenteriums, der Leber und des Kolons.

Begleitende Verletzungen im Bereich der Organe im Thorax sind möglich.

Als mögliche Komplikationen kann es im Laufe von einigen Tagen oder Wochen durch ein subkapsuläres Hämatom zu einer sekundären Milzruptur oder Leberruptur kommen. Regelmäßige sonographische Untersuchungen sind daher angezeigt.

Grundlagen der Diagnostik sind Anamnese und die klinische Untersuchung. Anhand einer sonographischen Untersuchung (FAST) können schnell Hinweise auf Verletzungen der Nieren, der Milz, des Pancreas und der Leber sowie auf freie Flüssigkeit im Bereich des Bauchraumes erhalten werden. Patienten mit Abdominaltrauma werden in der Regel nach der Stabilisierung der Vitalparameter stationär aufgenommen. Bei perforierendem Abdominaltrauma wird eine Laparotomie durchgeführt, da kleinere Verletzungen des Darmes

im Rahmen der Diagnostik häufig nicht erkannt werden. Bei stumpfen Abdominaltrauma ist die Entscheidung für oder gegen eine Laparotomie von der Klinik abhängig. ↙ 8 ↘

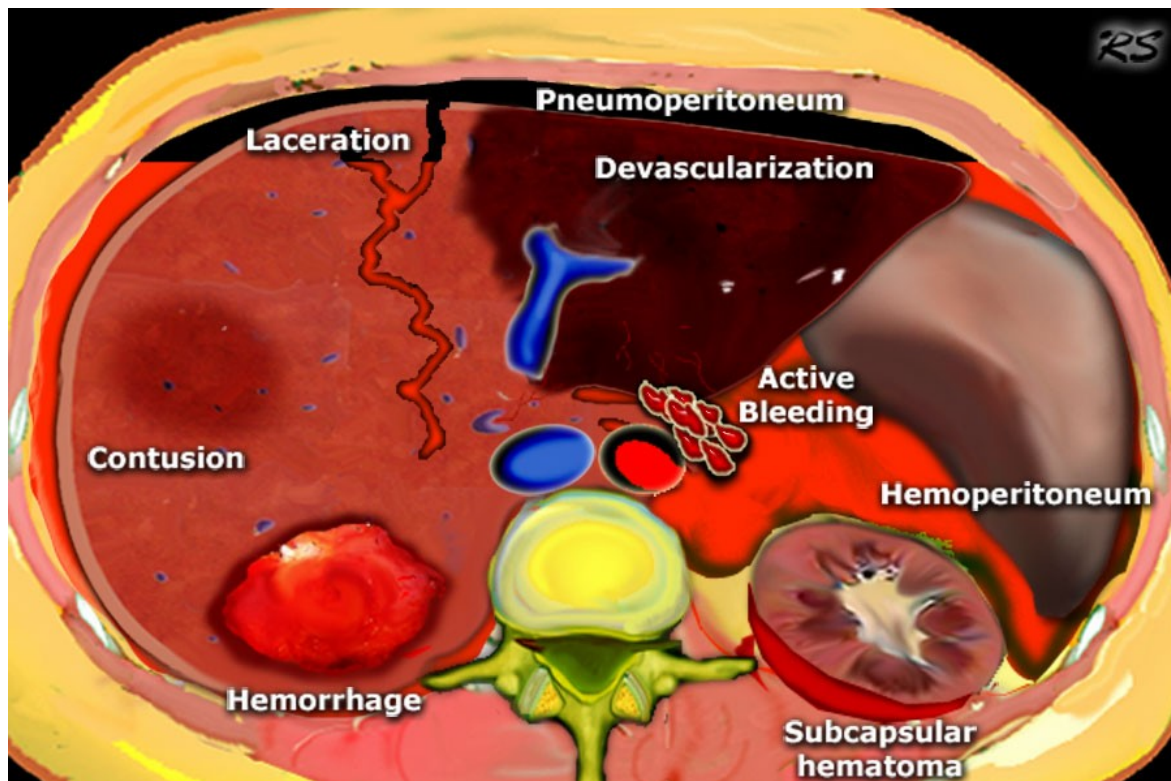


Abb. 3: Schematische Darstellung verschiedener Szenarien bei einer Polytrauma;

### 1.11. TRAUMATISCHE MILZRUPTUR

Die traumatische Milzruptur hat beim stumpfen Abdominaltrauma mit 40% den größten Anteil. Plötzliche Druckerhöhungen im Abdomen und direkte stumpfe Gewalteinwirkungen über dem Milzlager sind auslösende Faktoren einer traumatischen Milzruptur. Gerade angeschnallte PKW-Fahrer erleiden im Zuge der abdominellen Druckerhöhung durch den Sicherheitsgurt die so genannte „Seat Belt Injury“. Aufgrund der anatomischen Verhältnisse des Organs stellen sich Verletzungen im Allgemeinen in der Sonographie und besser in der MDCT als Einrisse oder Zerquetschungen mit Parenchymzerreißung dar. Die straffe Organkapsel und das weiche, stark durchblutete Parenchym bieten keinen elastischen Widerstand. Die auf das Organ wirkende Kraft führt in den meisten Fällen zu sofortigen Kapselverletzungen mit blutenden Parenchymläsionen. Diese Blutungen können hämodynamisch wirksam werden und damit lebensbedrohliche Auswirkung zur Folge haben.



Abb. 4. Inhomogene Milz und das Blut um die Milz;

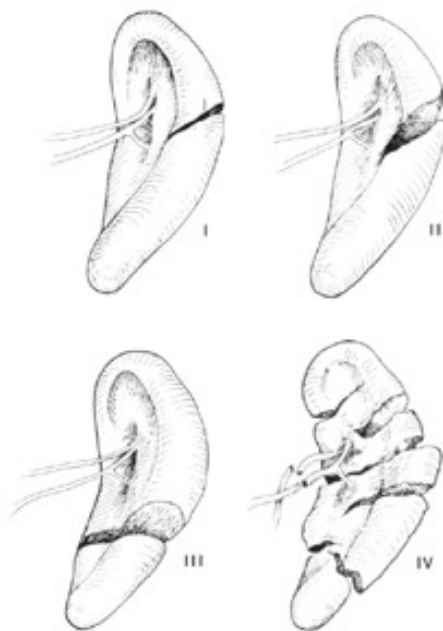


Abb. 5. Schematische Darstellung der Möglichkeiten einer Milzlazeration;

Milzrupturen können auch zusammen mit Rippenfrakturen im laterokaudalen Thorabereich auftreten. So sollte bei jedem Thoraxtrauma auch an eine Läsion der Oberbauchorgane gedacht werden. Abhängig vom Krafteinfluss und der Deckung der Verletzung durch

Nachbarorgane treten Milzverletzungen ein- bzw. zweizeitig auf. Eine nicht adäquat versorgte Parenchymverletzung kann unter Umständen noch Tage nach dem Trauma klinisch relevant werden. Kontrolluntersuchungen sind im Rahmen des stationären Aufenthaltes regelmäßig anzufertigen.

Die Diagnostik der traumatischen Milzruptur umfasst die sonographische Darstellung der Oberbauchorgane im Rahmen der initialen Schockraumbehandlung. Mit dem Ultraschall können das Vorliegen freier Flüssigkeit und die Parenchymverhältnisse beurteilt werden. Alternativ werden im Rahmen des computertomographischen Traumascans die Oberbauchorgane dargestellt. Dieses Verfahren bietet in der Milzdiagnostik die sensitivste Verletzungsdarstellung. Die Darstellung der Milzruptur gelingt in den meisten Fällen sehr gut, da das Organ physiologisch ein homogenes Erscheinungsbild hat. Verletzungen werden als hyper- bzw. hypodense Areale, Blutungen direkt und durch die Visualisierung eines Flüssigkeitssaums dargestellt.

Milzrupturen werden nach American Association for the Surgery of Trauma, je nach dem Befund, in 5 Grade unterteilt (Tabelle 2).

Grade	Injury type	Description of injury
I	Hematoma	Subcapsular, <10% surface area
	Laceration	Capsular tear, <1cm parenchymal depth
II	Hematoma	Subcapsular, 10%-50% surface area; intraparenchymal, <5 cm in diameter
	Laceration	Capsular tear, 1-3cm parenchymal depth that does not involve a trabecular vessel
III	Hematoma	Subcapsular, >50% surface area or expanding; ruptured subcapsular or parenchymal hematoma; intraparenchymal hematoma > 5 cm or expanding

	Laceration	>3 cm parenchymal depth or involving trabecular vessels
IV	Laceration	Laceration involving segmental or hilar vessels producing major devascularization (>25% of spleen)
V	Laceration	Completely shattered spleen
	Vascular	Hilar vascular injury with devascularizes spleen

Tabelle 1. Klassifikation der American Association for the Surgery of Trauma;

## **1.12. TRAUMATISCHE LEBERLÄSIONEN**

Infolge eines abdominellen Traumas kann es in 35% der Fälle zur Verletzung der Leber kommen. Stumpfe Gewalteinwirkungen führen hier meistens zur Leberkontusion mit Einblutung in das Parenchym. Da auch die Leber ein sehr stark durchblutetes Organ ist, können größere Verletzungen Auswirkungen auf die Hämodynamik haben. Parenchymatöse Einrisse mit Kapselbeteiligung resultieren in Blutungen, welche sich als freie Flüssigkeit um das Organ herum verteilen. So zeigt sich freie Flüssigkeit im Morrison Pouch zwischen Leber und rechter Niere. Diese kann einfach und sicher mittels Sonographie dargestellt werden (Abbildung 5). Intraparenchymatöse Verletzungen sind aufgrund der physiologisch homogenen Leberstruktur sonographisch gut abgrenzbar. In den meisten Fällen wird die Leberverletzung von weiteren abdominellen Organverletzungen begleitet. Eine ausgedehnte Diagnostik bietet sich hier an, um eventuelle Nieren- und Milzbeteiligungen sowie Verletzungen des Zwerchfells auszuschließen. Auch Häm- und Pneumothoraces treten in Verbindung mit Leberverletzungen gehäuft auf. In Kombination mit Kontrastmitteln kann die Leber als parenchymatöses Organ sehr gut im CT dargestellt werden. Die Therapie der Leberläsionen richtet sich nach dem Schweregrad und kann im Falle großflächiger Einblutungen im Einzelfall auch interventioneller Embolisationsverfahren einbeziehen. In den nachfolgenden Bildern ist eine Leberverletzung sonographisch und im CT dargestellt.

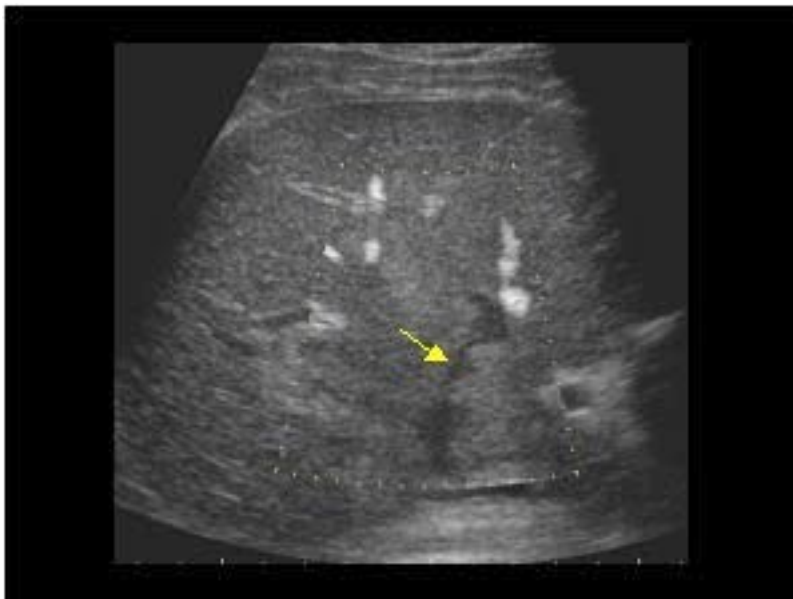


Abb. 6. Leberruptur sonographisch dargestellt;



Abb. 7. Leberruptur im CT;

Grade	Type of injury	Description of injury
I	Hematoma	Subcapsular, <10% surface area
	Laceration	Capsular tear, <1cm parenchymal depth

II	Hematoma	Subcapsular, 10% to 50% surface area: intraparenchymal <10 cm in diameter
	Laceration	Capsular tear 1-3 parenchymal depth, <10 cm in length
III	Hematoma	Subcapsular, >50% surface area of ruptured subcapsular or parenchymal hematoma; intraparenchymal hematoma > 10 cm or expanding
	Laceration	>3 cm parenchymal depth
IV	laceration	Parenchymal disruption involving 25% to 75% hepatic lobe or 1-3 Couinaud's segments
V	Laceration	Parenchymal disruption involving >75% of hepatic lobe or >3 Couinaud's segments within a single lobe
	Vascular	Juxtahepatic venous injuries; ie, retrohepatic vena cava/central major hepatic veins
VI	Vascular	Hepatic avulsion

Tabelle 2. Klassifikation der traumatischen Leberverletzungen der American Association for the Surgery of Trauma;

## **1.12. FREIE FLÜSSIGKEIT IN DER BAUCHHÖHLE**

Freie Flüssigkeit ist sonographisch meistens in der Morison-Grube und im Douglas-Raum festzustellen.

Die Morison-Grube ist ein intraperitoneal gelegener Raum. Seine Rückenwand wird durch die retroperitoneal gelegene rechte Niere und seine Vorderseite durch die Rückenwand des rechten Leberlappens gebildet. Bei einer Person, die auf dem Rücken liegt, ist dieser Raum in der Bauchhöhle am tiefsten gelegen, so dass sich das Blut bei Verletzung innerer Organe dort ansammelt und mittels Ultraschalls erkannt werden kann.



Abb. 8. Morison'sche Grube: Freie Flüssigkeit zwischen der rechten Niere und der Leber;

Der Douglas-Raum (lat. *Ecavatio rectouterina*) ist bei der Frau eine taschenförmige Aussackung des Peritoneums zwischen Mastdarm und Uterus und reicht bis an das hintere Scheidengewölbe. Die Entsprechung beim Mann (*Excavatio rectovesicalis*) ist ein spaltförmiger Raum zwischen Rektum und Blase. Klinische Bedeutung hat der Douglas-Raum unter anderem als tiefster intraperitonealer Raum, in dem sich freie Flüssigkeitsansammlungen in der Bauchhöhle (z.B. Blutungen) empfindlich nachweisen lassen.

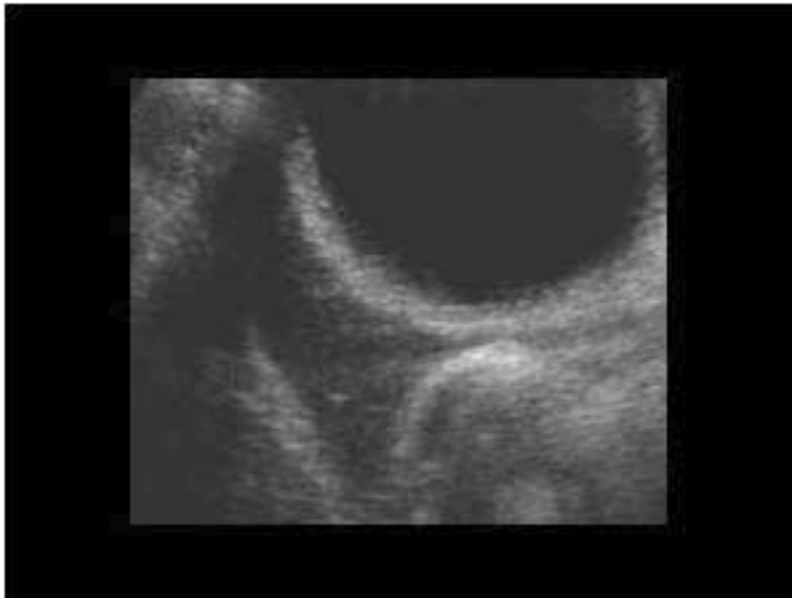


Abb. 9. Freie Flüssigkeit im Douglas-Raum;

### **1.13. TRAUMATISCHE NIERENVERLETZUNG**

Traumatische Nierenverletzungen stellen eine gefährliche Situation für den Patienten dar. Der hohe Durchblutungsgrad, sowie die sehr dünne, straffe Kapsel des Organs sind besonders anfällig für De- bzw. Akzelerationstraumen, stumpfe Gewalteinwirkung und Begleitverletzungen im Umfeld anderer Organläsionen. Isolierte Nierenverletzungen hingegen treten selten auf. Im Falle eines Polytraumas können in 80% Nierenbeteiligungen nachgewiesen werden.

Die Diagnostik der traumatischen Nierenverletzung beginnt mit dem angeführten abdominellen Sonogramm. Selektiv werden beide Niere durchgescannt, Größe und Form bestimmt, die Lage des Organs beurteilt und die Konturgebung sowie Homogenität des Parenchyms dargestellt.

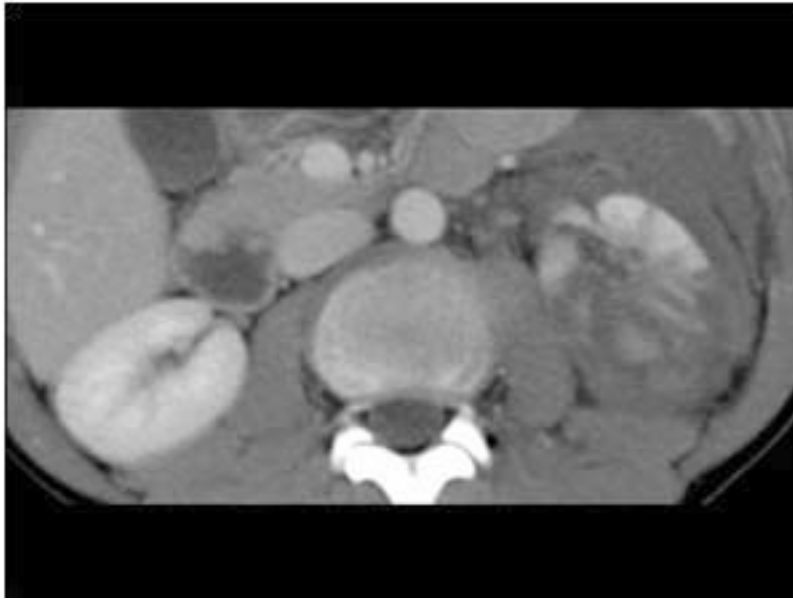


Abb. 10: CT-Aufnahme: Renales und perirenales Hämatom nach einer Nierenlazeration;

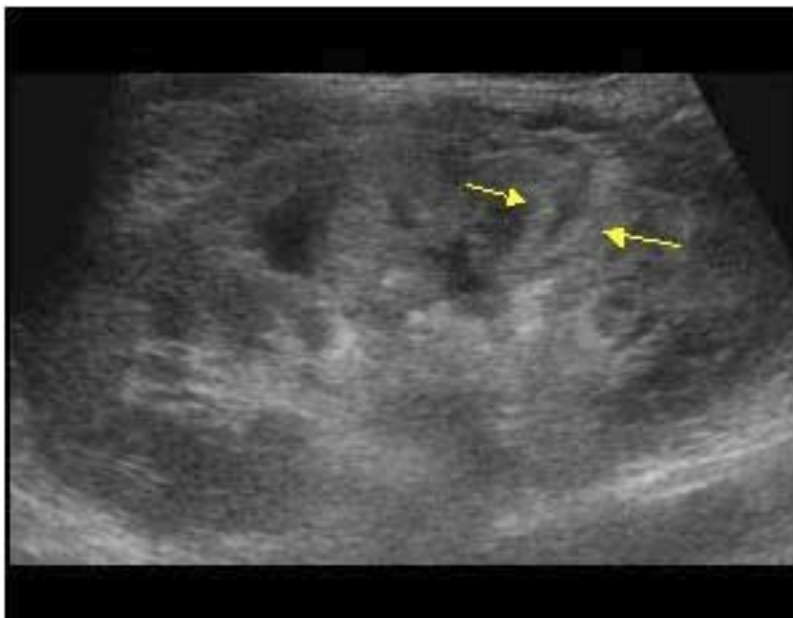


Abb. 11. Sonographischer Befund: Renales und perirenales Hämatom nach einer Nierenlazeration;

Mit der Sonographie ist es möglich, Hämatome verschiedenster Lokalisationen zu bestimmen und evt. die Flussverhältnisse im Organ mittels Duplexsonographie zu beurteilen. Der CT Traumascan erlaubt die Diagnose von Hämatomen, die sich vor allem subkapsulär, perirenal und retroperitoneal ausbreiten. Ihre Lokalisation ist entscheidend für die Weiterbehandlung des Patienten, da der Druck des Hämatoms auf das Organ und die damit verbundene Kompression der blutführenden Strukturen zu weiteren Folgeschäden, bis hin zur Organnekrose führen kann. Des Weiteren sollten die proximalen ableitenden Harnwege begutachtet werden, um eine Rückstauung des Urins in das Organ auszuschliessen. Bei Verdacht auf Verletzungen der ableitenden Harnwege, sollten diese mittels Kontrastmittel dargestellt werden. Hier lassen sich Dilatationen, Stenosen oder Kontinuitätsunterbrechungen nachweisen. Bei Verletzungen des Nierenparenchyms treten in den meisten Fällen kleine Einrisse über der der Thoraxwand zugewandten Seite des Organs auf. Meist bildet sich ein geringgradiges Hämatom, welches unter der Kapsel verbleibt. Diese Blutung tamponiert sich selbst und sollte im Verlauf beobachtet werden. Kann die Kapsel dem Druck des Blutes nicht standhalten, kommt es nach deren Ruptur zum ausgedehnten Hämatom. Kritisch für Patienten ist die Kontusion mit langstreckiger Zerreißung des Nierenparenchyms. Im CT zeigen sich massive Verletzungen als Massenblutung um das Organ. Tabelle 1 gibt die Klassifikation der traumatischen Nierenverletzungen der American Association for the Surgery of Trauma wieder.

Grade	Type of Injury	Description of injury
I	Contusion	Microscopic or gross hematuria, urologic studies norma
	Hematoma	Subcapsular, nonexpanding without parenchymal laceration
II	Hematoma	Nonexpanding perirenal hematoma confirmed to renal retroperitoneum
	Laceration	<1.0 cm parenchymal depth of renal cortex without urinary extravagation
III	Laceration	<1.0 cm parenchymal depth

		of renal cortex without collecting system rupture or urinary extravagation
IV	Laceration	Parenchymal laceration extending through renal cortex, medulla, and collecting system
	Vascular	Main renal artery or vein injury with contained hemorrhage
V	Laceration	Completely shattered kidney
	Vascular	Avulsion of renal hilum which devascularizes kidney

Tabelle 3. Klassifikation der traumatischen Nierenverletzungen der American Association for the Surgery of Trauma;

## **II. Spezieller Teil**

### **2.1. ZIEL**

Ziel des speziellen Teils dieser Arbeit war die Evaluierung der Wertigkeit der Notfallsonographie im Schockraum (FAST) in der Diagnostik abdomineller Verletzungen anhand eigener Daten (an der Medizinischen Universität Graz untersuchte polytraumatisierte Patientinnen und Patienten). Die Notfallsonographie wurde hierfür mit der Mehrschicht-Computertomographie verglichen, welche als Goldstandard gewertet wurde. Es wurde Sensitivität und Spezifität der Notfallsonographie in der Diagnostik der einzelnen Organverletzungen und in der Diagnostik freier Flüssigkeit berechnet.

## **2.2. MATERIAL UND METHODEN**

### **2.2.1. Patientenkollektiv**

Eine computerunterstützte Datenabfrage erzielte 373 Patienten (85 weiblich, 288 männlich, Altersspanne 11 – 89 Jahre), die 2005 - 2007 mit einem Polytrauma in das Landeskrankenhaus/Universitätsklinikum Graz eingeliefert wurden und bei denen sowohl eine Notfallsonographie im Schockraum als auch eine abdominale Computertomographie durchgeführt wurde und entsprechende Befunde in MEDOCS vorlagen.

### **2.2.2. Datenerhebung und Datenauswertung**

Die Sonographie- und CT-Befunde wurden hinsichtlich dem Vorliegen abdomineller traumatischer Veränderungen überprüft und das Fehlen oder Vorhandensein derartiger Veränderungen für beide Modalitäten in ein Excel Dokument übertragen. Die Pathologien wurden in intraabdominale Flüssigkeit, Milzlazeration, Leberlazeration und Nierenlazeration unterteilt. Das Vorhandensein des jeweiligen Befundes wurde mit der Ziffer „1“, das Fehlen mit der Ziffer „0“ versehen. Bei der Auswertung einzelner Befunde wurde ganz genau auf die Beschreibung einzelner Pathologien Wert gelegt. Es wurde klar getrennt zwischen „keine Milzlazeration“ und „unauffälliger Befund“ einerseits und „Verdacht auf Milzlazeration“, „perisplenisch kein Hinweis auf freie Flüssigkeit, jedoch hyperreflexive Areale in der Milz - verdächtig auf Milzruptur“, „Milzlazeration im mittleren und caudalen Milzdrittel mit perisplenischem Hämatomsaum“ oder „4. gradige Milzruptur, offenbar aktive Blutung,

Hämatom im Milzbett sowie auch ausgeprägte intraabdominelle freie Flüssigkeit“ anderseits. Es wurde das gleiche Prinzip auch für Leberlazerationen oder Nierenlazerationen angewandt. Das Vorliegen oder Fehlen intraabdomineller Flüssigkeit war aus den Befunden eindeutiger zu eruieren.

Anschliessend wurden die Daten auf Vierfeldertafel übertragen. Dabei wird die Vorhersage der getesteten diagnostischen Methode mit einem sogenannten Goldstandard verglichen. Ein Goldstandard ist die zuverlässigste Methode zur Diagnose der jeweiligen Krankheit.

Tabelle 5 veranschaulicht eine Vierfeldertafel zur Berechnung von Sensitivität, Spezifität, positivem Vorhersagewert und negativem Vorhersagewert eines getesteten Diagnoseverfahrens. Als „Goldstandard“ wurde die CT gewählt. Es wurde davon ausgegangen, dass die CT-Befunde relevant und „richtig“ sind.

		Goldstandard		Summe
		pathologische Diagnose		
Getestetes Diagnoseverfahren	pathologische Diagnose	liegt vor	liegt nicht vor	
			liegt vor	richtig positiv (a)
	liegt nicht vor	falsch negativ (c)	richtig negativ (d)	alle Test-Negativen (c+d)
	Summe	alle Erkrankten (a+c)	alle Gesunden (b+d)	alle Untersuchungen (a+b+c+d)

Tabelle 4: Vierfeldertafel. Vergleich eines getesteten Diagnoseverfahren mit einem Goldstandard

Sensitivität (Anteil positiv getesteter Patienten an Erkrankten) =  $a/(a+c)$

Spezifität (Anteil negativ getesteter Patienten an nicht Erkrankten) =  $d/(b+d)$

PPV (positiver Prädiktwert; positive predictive value) =  $a/(a+b)$

NPV (negativer Prädiktwert; negative predictive value) =  $d/(c+d)$

Die Wahrscheinlichkeit, eine erkrankte Person als krank zu erkennen, wird als Sensitivität bezeichnet. Eine Schätzung für diese Wahrscheinlichkeit erhält man durch den Anteil der richtig positiv diagnostizierten innerhalb der Erkrankten, also durch  $a/(a+c)$ .

Die Wahrscheinlichkeit eine gesunde Person als gesund zu erkennen, wird als Spezifität bezeichnet. Eine Schätzung für diese Wahrscheinlichkeit erhält man durch den Anteil der richtig negativ diagnostizierten innerhalb der Gesunden, also durch  $d/(b+d)$ .

Zur Beurteilung der Qualität einer diagnostischen Maßnahme betrachtet man gewöhnlich – getrennt für erkrankte und gesunde Personen – die Wahrscheinlichkeit für eine richtige Vorhersage mittels der neuen diagnostischen Maßnahme.

Man spricht von einer optimalen diagnostischen Maßnahme, wenn die Werte von jeweils 100% für Sensitivität und Spezifität betragen. In diesem Fall sind alle Vorhersagen richtig.. In der Regel wird jedoch eine höhere Spezifität immer durch eine niedrigere Sensitivität erkaufte und umgekehrt.

Anhand Sensitivität und Spezifität kann beurteilt werden, wie gut eine gesunde bzw. erkrankte Person mittels des Diagnoseverfahrens als solche erkannt wird. Über die Auswirkungen der Anwendung der diagnostischen Maßnahme in der Praxis, d.h. bei Vorliegen eines positiven bzw. negativen Testergebnisses, geben Sensitivität und Spezifität nur indirekt Auskunft. Hierzu sollten die prädiktiven Werte (positiver und negativer Vorhersagewert) verwendet werden. Prädiktive Werte sind Messgrößen, die Kliniker für Interpretation eines diagnostischen Tests benutzen.

Der positive Prädiktivwert beantwortet folgende Frage: Falls eine Patientin / ein Patient einen positiven Test hat, wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie / er die Krankheit hat? Wurde ein Test einmal durchgeführt, so kann mit Hilfe des positiven Prädiktivwertes abgeschätzt werden wie hoch die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen der gesuchten Erkrankung bei dieser Person ist (positiver Prädiktivwert bei positivem Test). Entsprechend kann man mit dem negativen Prädiktivwert abschätzen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass die Krankheit nicht vorliegt. Der Prädiktivwert liefert also eine Erkrankungswahrscheinlichkeit (hingegen liefert die Sensitivität die Wahrscheinlichkeit, dass Erkrankte mit Hilfe des Tests erfasst werden). Anders ausgedrückt, der positive Vorhersagewert gibt die Wahrscheinlichkeit an, erkrankt zu sein, nachdem ein positives Ergebnis vorliegt („a-posteriori-Wahrscheinlichkeit“). Diese Vorhersagewerte sind abhängig von der Prävalenz. Der positive Vorhersagewert kann bei geringer Prävalenz (wenn der Test bei weitaus mehr gesunden als bei kranken Personen durchgeführt wird) sehr niedrig sein, und das obwohl die Sensitivität und Spezifität hoch sind ↙ ↘.

## 2.3. ERGEBNISSE - RESULTATE

### 2.3.1. Freie abdominelle Flüssigkeit (Tabelle 5)

Mittels FAST konnten Patienten ohne intraabdomineller Flüssigkeit mit großer Wahrscheinlichkeit als solche diagnostiziert werden. Von insgesamt 341 Patienten bei denen keine freie Flüssigkeit mittels CT entdeckt worden ist, hat man bei 326 Patienten mittels FAST das Fehlen abdomineller Flüssigkeit richtig erkannt (Spezifität: 96%). Hingegen ist die FAST-Methode nur halbwegs gut dafür geeignet, Patienten mit freier Flüssigkeit als solche zu erkennen. Von insgesamt 32 Patienten, bei denen im CT intraabdominelle Flüssigkeit vorhanden war, wurden sonographisch nur 16 Patienten als positiv eingestuft (Sensitivität: 50%). Der negative Vorhersagewert war mit 95% ziemlich hoch und der positive Vorhersagewert mit 52% niedrig. Das bedeutet, dass bei negativer Sonographie der Anteil der richtig negativen Befunde hoch und der Anteil der falsch negativen Befunde niedrig war. Bei positiver Sonographie war der Anteil richtig positiver und falsch positiver Befunde ausgewogener.

		CT-Untersuchung		Summe	
		pathologische abdomineller Flüssigkeit liegt vor	Diagnose liegt nicht vor		
US-Untersuchung	pathologische Diagnose abdomineller Flüssigkeit	liegt vor	16	15	31
	liegt nicht vor	16	326	342	
Summe		32	341	373	

Tabelle 5: Vierfeldertafel zur Diagnose „abdomineller Flüssigkeit“;

Sensitivität (Anteil US pos. getest. Patienten an gemäß CT Positiven)	0,500
Spezifität (Anteil US neg. getest. Patienten an gemäß CT nicht Positiven)	0,956
PPV (Positive predictive value)	0,516
NPV (Negative predictive value)	0,953

### 2.3.2. Milzlazeration (Table 6)

Mit großer Wahrscheinlichkeit wurde mittels FAST das Fehlen einer Milzlazeration richtig bewertet. Von 351 polytraumatisierten Patienten ohne Milzlazeration, war dies bei 343 Patienten der Fall. Die Spezifität betrug somit 98%. Hingegen war die Methode nur mäßig gut dafür geeignet, eine Milzlazeration als solche zu erkennen. Von insgesamt 22 Milzlazerationen wurden nur 6 tatsächlich als solche eingestuft. Die Sensitivität betrug somit lediglich 27%. Der positive Vorhersagewert war mit 43% wiederum niedrig und der negative Vorhersagewert mit 96% hoch. Das bedeutet, dass bei negativer Sonographie der Anteil der richtig negativen Befunde hoch und der Anteil der falsch negativen Befunde niedrig war. Bei positiver Sonographie war der Anteil richtig positiver und falsch positiver Befunde ausgewogener.

		CT-Untersuchung		Summe
		pathologische Milzlazeration liegt vor	Diagnose liegt nicht vor	
US-Untersuchung	pathologische Diagnose Milzlazeration liegt nicht vor	6	8	14
	Summe	22	351	373

Tabelle 6: Vierfeldertafel zur Diagnose „Milzlazeration“.

Sensitivität (Anteil US pos. getest. Patienten an gemäß CT Positiven) 0,273  
 Spezifität (Anteil US neg. getest. Patienten an gemäß CT nicht Positiven) 0,977

PPV (Positive predictive value) 0,429  
 NPV (Negative predictive value) 0,955

### **2.3.3. Leberlazeration (Tabelle 7)**

Von 35 Patienten mit Leberlazerationen hat FAST nur 6 Patienten richtig positiv eingestuft. Die Sensitivität für FAST betrug somit 17%. Die Wahrscheinlichkeit, einen Patienten ohne Leberlazeration tatsächlich als solchen zu erkennen, war mit FAST sehr hoch. Von insgesamt 338 Patienten hat man mit FAST 335 Patienten richtig negativ bewertet. Somit ergibt sich für FAST eine Spezifität von 99%. Im Vergleich zu den anderen pathologischen Befunden war der positive Vorhersagewert bei der Leberlazeration mit 67% am höchsten. Das bedeutet, dass

bei positiver Sonographie der Anteil richtig positiver höher war als der Anteil falsch positiver Befunde. Der negative Vorhersagewert war mit 92% ebenfalls hoch.

			CT-Untersuchung		Summe
			pathologische	Diagnose	
US-Untersuchung	pathologische	liegt vor	6	3	9
	Diagnose	liegt nicht	29	335	364
	Leberlazeration	vor			
		Summe	35	338	373

Tabelle 7: Vierfeldertafel mit Ergebnissen zur Diagnose Leberlazeration; Vergleich US-Untersuchung zur CT-Untersuchung ("Goldstandard")

Sensitivität (Anteil US pos. getestet. Patienten an gemäß CT Positiven)	0,171
Spezifität (Anteil US neg. getestet. Patienten an gemäß CT nicht Positiven)	0,991
PPV (Positive predictive value)	0,667
NPV (Negative predictive value)	0,920

### 2.3.4. Nierenlazeration (Tabelle 8)

Tabelle 8 zeigt, dass FAST eigentlich bei der Detektion von Nierenlazerationen bei polytraumatisierten Patienten ungeeignet war. Von 13 Patienten bei denen eine Nierenlazeration nachgewiesen wurde, hat FAST bei keinem einzigen Patienten diese erkannt. Somit ergab sich für FAST eine Sensitivität von 0%. Die Spezifität war hingegen mit 99% sehr hoch. Mit FAST wurde bei 257 von 360 Patienten das Fehlen einer Nierenlazeration richtig bewertet. Der positive Vorhersagewert war gleich 0% und der negative Vorhersagewert betrug 96%.

			CT-Untersuchung		Summe
			pathologische	Diagnose	
US-Untersuchung	pathologische	liegt vor	0	3	3
	Diagnose	liegt nicht	13	357	370
	Nierenlazeration	vor			
		Summe	13	360	373

Tabelle 8: Vierfeldertafel zur Diagnose „Nierenlazeration“;

---

Sensitivität (Anteil US pos. getest. Patienten an gemäß CT Positiven)	0,000
Spezifität (Anteil US neg. getest. Patienten an gemäß CT nicht Positiven)	0,991
PPV (Positive predictive value)	0,000
NPV (Negative predictive value)	0,964

Somit ergab sich für die FAST-Diagnose einer Nierenlazeration eine Sensitivität von 0%. Die Spezifität war 99%. Der positive Prädiktivwert betrug 0% und der negative Prädiktivwert betrug 96%

## 2.4. DISKUSSION

In unserer retrospektiven Studie zeigte FAST durchgehend schlechte Sensitivitäten in der Diagnostik posttraumatischer abdomineller Pathologien. Am höchsten war die Sensitivität noch im Nachweis intraabdomineller Flüssigkeit (Sensivität 50%). Für den Nachweis einer Milzlazeration, Leberlazeration und Nierenlazeration waren die entsprechenden Sensitivitäten lediglich 27%, 17% und 0%. Die Spezifitäten waren mit 96% bis 99% sehr hoch, d.h. mit FAST konnten Patienten ohne traumatische Verletzungen auch als solche richtig erkannt werden (Abbildung 11).

Die hohen negative Vorhersagewerte der FAST im Nachweis der abominellen posttraumatischen Veränderungen müssen vorsichtig interpretiert werden, da die Werte auch aufgrund einer niedrigen Prävalenz der Pathologien zustande kommen können. Die Prävalenz der posttraumatischen Pathologien in unsrere Patientengruppe betrug zwischen 3,5% und 9,3%. Es kann demnach nicht davon ausgegangen werden, dass eine negative FAST eine Organverletzung ausschliesst.

Ein weiterer Aspekt bei der Bewertung eines diagnostischen Tests betrifft die Reproduzierbarkeit (Reliabilität). Es stellt sich die Frage inwieweit der Test zuverlässig und wiederholbar ist. Es ist keineswegs selbstverständlich, dass wiederholte Beurteilungen desselben Zustandes durch unterschiedliche Beobachter zum selben Ergebnis führen. Es ist auch nicht garantiert, dass derselbe Beobachter, der einen Patienten zu verschiedenen Zeitpunkten untersucht, jedes Mal denselben Befund erhält. Der --Koeffizient nach Cohen (- - griechischer Buchstabe Kappa) quantifiziert den Grad der Übereinstimmung zwischen zwei verschiedenen Beobachtern (interindividuelle Variabilität) und den Grad der

Übereinstimmung der Beurteilungen desselben Beobachters zu zwei verschiedenen Zeitpunkten (intraindividuelle Variabilität). Dieser Koeffizient konnte aber in unserer Auswertung nicht berechnet werden, da nicht unterschiedliche Radiologen beim gleichen Patienten eine FAST durchgeführt hatten und auch nicht der gleiche Radiologe den gleichen Patienten öfters untersucht hat. Die bekannte Abhängigkeit des Ultraschalls vom Untersucher wurde bei der Auswertung daher nicht berücksichtigt.

Zusammenfassend zeigte die FAST sehr geringe Sensitivitäten in der Diagnose posttraumatischer abdomineller Pathologien. Auf eine routinemässige weitere Abklärung des Abdomens mittels Kontrastmittel verstärkter Computertomographie sollte daher beim Vorliegen eines Polytraumas nicht verzichtet werden.

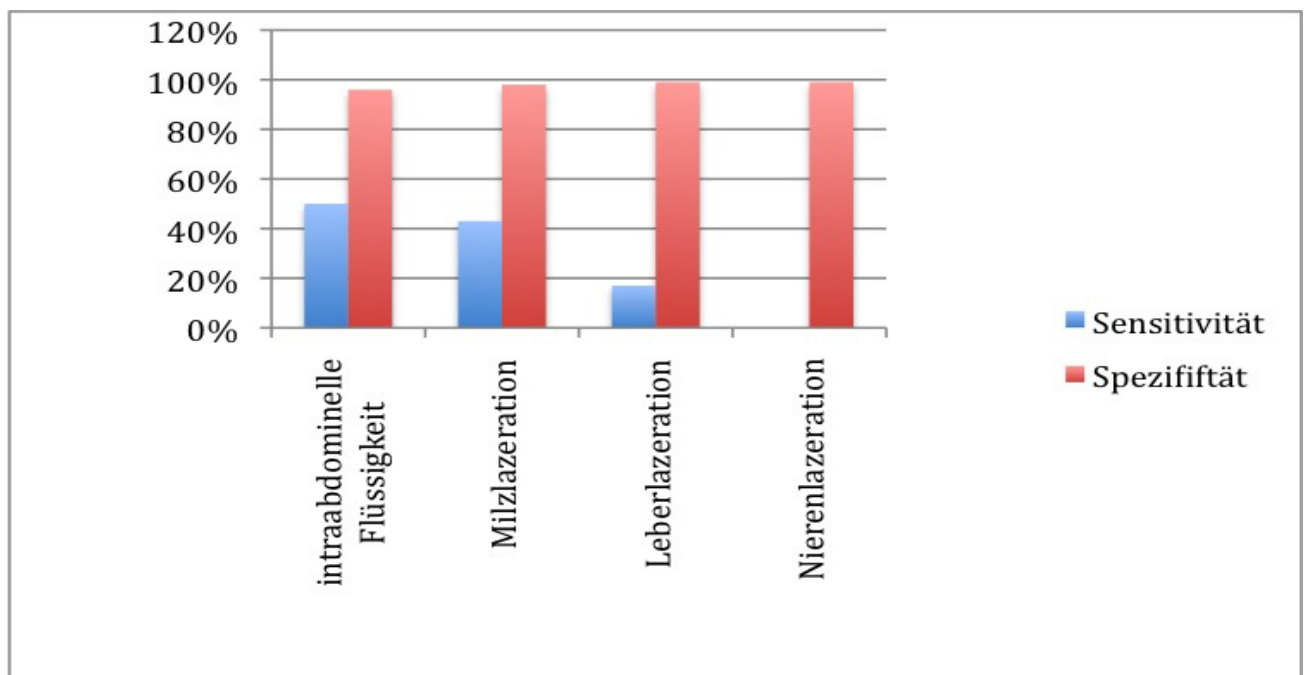


Abb. 12: Gegenüberstellung von Sensitivität und Spezifität der FAST in der Diagnose von abdomineller Flüssigkeit, Milzlazeration, Leberlazeration und Nierenlateration (CT-Diagnosen als "Goldstandard").

Zur Detektion von intraabdominellen Flüssigkeiten ist die FAST eine geeignete Methode.

### **3. Literaturverzeichnis**

- ✓1\ Reiser, Kuhn, Debus; Radiologie, 2. korrigierte Auflage, Thieme Verlag 2006. Kap. 4.6.:88-94;
- ✓2\ Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung (de) (PDF; 220,40 KB). Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) (September 2006);
- ✓3\ Helm M, Kulla M, Lampl L: Advanced Trauma Life Support - Ein Ausbildungskonzept auch für Europa. Anaesthesist. 2007 Nov;56(11):1142-6;
- ✓4\ American College of Surgeons; <http://www.facs.org/trauma/atls/index.html>;
- ✓5\ Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (2002.);
- ✓6\ Gutermuth, Gerstorfer. Schockraum-Management, 1. Auflage (2009). Kap 3:21-23, Kap. 4:25-33;
- ✓7\ Hofer M. Sono Grundkurs,5. Erweiterte und aktualisierte Auflage 2005. Kap. 7:108-110;
- ✓8\ <http://flexikon.doccheck.com/Abdominaltrauma>;Klinik;Therapie;
- ✓9\ Christel Weiß, „Basiswissen Medizinische Diagnostik, 4. Überarbeitete Auflage, Springer Verlag s. 285;
- ✓19\ Weiß Ch. Basiswissen Medizinische Statistik, 6., überarbeitete Auflage, Springer Verlag 2008. Kap. 15:284-287;
- ✓20\ Weiß Ch. Basiswissen Medizinische Statistik, 6., überarbeitete Auflage, Springer Verlag 2008. Kap. 6:118-121;

## **4. Tabellenverzeichnis**

**Tabelle 1.** Klassifikation der American Association for the Surgery of Trauma; Quelle: <http://www.aast.org/Default.aspx>;

**Tabelle 2.** Klassifikation der traumatischen Leberverletzungen der American Association for the Surgery of Trauma; Quelle: <http://www.aast.org/Default.aspx>;

**Tabelle 3.** Klassifikation der traumatischen Nierenverletzungen der American Association for the Surgery of Trauma; Quelle: <http://www.aast.org/Default.aspx>;

**Tabelle 4.** Vierfeldertafel mit Ergebnissen aus Diagnoseverfahren; Vergleich Neues Diagnoseverfahren zum Goldstandard;

**Tabelle 5.** Vierfeldertafel mit Ergebnissen zur Diagnose abdomineller Flüssigkeit; Vergleich US-Untersuchung zur CT-Untersuchung ("Goldstandard");

**Tabelle 6.** Vierfeldertafel mit Ergebnissen zur Diagnose Milzlazeration; Vergleich US-Untersuchung zur CT-Untersuchung ("Goldstandard");

**Tabelle 7:** Vierfeldertafel mit Ergebnissen zur Diagnose Leberlazeration; Vergleich US-Untersuchung zur CT-Untersuchung ("Goldstandard");

**Tabelle 8:** Vierfeldertafel mit Ergebnissen zur Diagnose Nierenlazeration; Vergleich US-Untersuchung zur CT-Untersuchung ("Goldstandard");

## **5. Abbildungsverzeichnis**

**Abb. 1.** Verletzungsmuster bei Polytrauma; Quelle: Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (2002.);

**Abb. 2.** Sechs standardisierte Schnitte bei der FAST-Sonographie; 07.06.2009. Quelle: <http://www.schockraummanagement.de/plaintext/images/im034c4a98d012af838.jpg>;

**Abb. 3.** Schematische Darstellung verschiedener Szenarien bei einer Polytrauma; 25.02.2010. Quelle: <http://www.radiologyassistant.nl/images/4ae4c9c29a50fTEK-lever-trauma.jpg>;

**Abb. 4.** Inhomogene Milz und das Blut um die Milz; 01.02.2009. Quelle: [http://www.ultrasoundcases.info/dir\\_cases/start.asp?PathID3=1.1.14&CaseID3=1.1.14](http://www.ultrasoundcases.info/dir_cases/start.asp?PathID3=1.1.14&CaseID3=1.1.14;);

**Abb. 5.** Schematische Darstellung der Möglichkeiten einer Milzlaceration; 05.04.2010. Quelle: <http://www.med-ed.virginia.edu/courses/rad/abdtrauma/web%20images/spleendrawing.gif>;

**Abb. 6.** Leberruptur sonographisch dargestellt; 01.07.2009. Quelle: [http://www.ultrasoundcases.info/dir\\_cases/start.asp?PathID3=1.1.14&CaseID3=1.1.14](http://www.ultrasoundcases.info/dir_cases/start.asp?PathID3=1.1.14&CaseID3=1.1.14;);

**Abb. 7.** Leberruptur im CT; 01.07.2009. Quelle: <http://www.ultrasoundcases.info/jpg/11823.jpg>;

**Abb. 8.** Morison'sche Grube: Freie Flüssigkeit zwischen der rechten Niere und der Leber; 10.10.2009. Quelle: <http://www.ultrasoundcases.info/jpg/2545.jpg>;

**Abb. 9.** Freie Flüssigkeit im Douglas-Raum; 15.12.2009. Quelle: [http://www.ultrasoundcases.info/dir\\_cases/start.asp?PathID3=1.4.7&CaseID3=1.4.7](http://www.ultrasoundcases.info/dir_cases/start.asp?PathID3=1.4.7&CaseID3=1.4.7;);

**Abb. 10.** CT-Aufnahme: Renales und perirenales Hämatom nach einer Nierenlazeration;  
05.06.2009. Quelle: <http://www.med-ed.virginia.edu/courses/rad/abdtrauma/>;

**Abb. 11.** Sonographischer Befund: Renales und perirenales Hämatom nach einer  
Nierenlazeration; 07.06.2009. Quelle: <http://www.ultrasoundcases.info/jpg/4071.jpg>;

**Abb. 12:** Gegenüberstellung von Sensitivität / Spezifität aus den Daten der US-Diagnosen  
von abdomineller Flüssigkeit, Milzlazeration, Leberlazeration, Nierenlateration (CT-  
Diagnosen als "Goldstandard");