

Diplomarbeit

Wertigkeit der FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma) zum Ausschluss von intraabdomineller Flüssigkeit beim polytraumatisierten Patienten im Vergleich mit der Spiral-Computertomographie

eingereicht von

Anna Katharina Ogris

Mat.Nr.: 0311335

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Radiologie

unter der Anleitung von

Ao. Univ.-Prof. Dr. med. Rupert H. Portugaller

OA Dr. med. Felix Thimary

Graz, am 26. Mai 2010

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 26. Mai 2010

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich bei der Entstehung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Ao. Univ. -Prof. Dr. med. Rupert H. Portugaller, der mich in allen Phasen der Entstehung dieser Diplomarbeit unterstützt hat, mir mit Ratschlägen, seinem Fachwissen und Anregungen zur Seite stand.

Ebenso möchte ich mich bei OA. Dr. med. Felix Thimary für die interessanten radiologischen Fachdiskussionen, die Hilfe bei der Datenrecherche und für die umgehende Hilfe bei allen kleineren und größeren „Wehwehchen“ des Entstehungsprozesses bedanken.

Ein weiteres Dankeschön gilt Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Andrea Berghold, ohne deren Einführung und Beratung mir die statistische Datenauswertung nicht möglich gewesen wäre.

Die Diplomarbeit an sich ist nun die eine Sache, der Weg bis zum Abschluss derselbigen und bis zum Abschluss des Studiums eine andere. An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich auf diesem Weg begleitet, unterstützt, vorangetrieben und ihn zum sprichwörtlichen Ziel gemacht haben.

Danke!

Zusammenfassung

Der polytraumatisierte Patient stellt eine diagnostische Herausforderung für das gesamte Schockraumteam dar. Eine rasche Diagnosestellung ist notwendig, um so schnell wie möglich die adäquate Therapie einleiten zu können. Aufgrund der multiplen Verletzungen und der simultan laufenden therapeutischen Maßnahmen (Reanimation, etc.) ist es nicht immer einfach, eine umfassende radiologische Diagnostik durchzuführen. Die Fragestellung bezüglich freier intraabdomineller Flüssigkeit und somit nach schwereren Oberbauchorganverletzungen wird primär durch die FAST, erst sekundär durch die Polytrauma-CT beantwortet.

Ziel dieser Studie ist es, die Sensitivität und die Spezifität der FAST in Bezug auf die Entdeckung freier intraabdomineller Flüssigkeit, von am Universitätsklinikum Graz behandelten Patienten zu ermitteln und mit den Ergebnissen anderer Studien zu vergleichen. Dazu werden die Daten von 345 polytraumatisierten Patienten im Zeitraum von 01.01.2008 – 24.02.2010 retrospektiv analysiert. Eingeschlossen werden all jene Patienten bei denen in diesem Zeitraum eine Notfallsonographie im Schockraum und eine Polytrauma-CT am Cardiac-CT-Gerät durchgeführt wurden und die mindestens 18 Jahre alt waren. Von den 345 eingeschlossenen Patienten sind 74,5% (257) Männer. Das durchschnittliche Alter liegt bei 44,8 Jahren. Bei 47 (13,6%) Patienten zeigt sich, durch die CT-Untersuchung, freie intraabdominelle Flüssigkeit. Dieses Ergebnis wird durch den klinischen Verlauf bestätigt. In einem Fall trat eine spontane Milzruptur während des stationären Aufenthalts auf. Von diesen 47 Fällen von freier Flüssigkeit konnten 21 Fälle auch durch die FAST diagnostiziert werden. Von den 26 Patienten bei denen durch die FAST keine freie intraabdominelle Flüssigkeit diagnostiziert werden konnte, erhielten 13 eine konservative Therapie, ihre Verletzungen hatten keine klinische Relevanz. Dadurch ergibt sich eine Sensitivität der FAST von 44,7% und eine Spezifität der FAST von 98,7%. Die in dieser Studie ermittelte Sensitivität der FAST liegt unter den Ergebnissen aus anderen Studien, jedoch wird eine ebenso hohe Spezifität wie in anderen Studien erreicht.

Für die Diagnostik von freier intraabdomineller Flüssigkeit ist und bleibt die FAST die erste, schnelle und nicht-invasive Diagnostikmethode. Für einen morphologisch exakten Nachweis von freier intraabdomineller Flüssigkeit ist und bleibt jedoch die CT Methode der Wahl.

Abstract

The polytraumatic patient brings out a diagnostic challenge for the whole emergency trauma team. A rapid discovering of the right diagnosis is important to initiate the appropriate therapy as fast as possible. Because of the multiple injuries of the patient and the simultaneously current therapeutic measures (resuscitation, etc.) it is not always easy to perform a widespread radiologic diagnosis. The question concerning free intra-abdominal fluid and therefore severe injuries of the organs of the upper abdomen is primarily answered through FAST, secondarily it is answered through the use of the polytrauma-CT.

The aim of this study is to determine the sensitivity and specificity of FAST detecting free intra-abdominal fluid in patients treated at the University Clinic of Graz, and to compare these findings with the results of other studies.

To this end, a retrospective analysis of the data of 345 patients of the University Clinic of Graz during the period from 01.01.2008 to 24.02.2008 was performed. All patients who received an emergency sonography at the emergency trauma room, and a polytrauma-CT at the cardiac-CT in this period, were included. The patients had to be at least 18 years old. Of the 345 included patients, 74,5% (257) were men. The mean age was 44,8 years. In 47 (13,6%) patients free fluid had been diagnosed through the polytrauma-CT. This result was confirmed by the clinical outcome. In one case, a spontaneous spleen rupture occurred during the treatment in the hospital. Of these 47 cases of free intra-abdominal fluid diagnosed through the CT, 21 cases had been detected also through using FAST. In 26 cases FAST could not detect free intra-abdominal fluid. Of these 26 patients 13 underwent a conservative therapy, which implies that their injuries had no clinical notability. Therefore, the sensitivity of FAST is about 44,7%, and the specificity of FAST is about 98,7%. Although the sensitivity of this study gained results lower than the results of other studies, the specificity was comparably high.

For the diagnosis of free intra-abdominal fluid, FAST is and remains the only rapid, non-invasive diagnostic method. However, CT is and remains the method of choice to make an exact morphologic diagnose of the free intra-abdominal fluid.

Inhaltsverzeichnis

<i>Danksagung</i>	<i>ii</i>
<i>Zusammenfassung</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iv</i>
<i>Inhaltsverzeichnis</i>	<i>v</i>
<i>Glossar und Abkürzungen</i>	<i>vii</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>ix</i>
<i>Tabellenverzeichnis</i>	<i>xi</i>
1 Einleitung	12
1.1 Polytrauma	12
1.1.1 Begriffsdefinition: _____	12
1.1.2 Epidemiologie und Ätiologie _____	12
1.1.3 Scoringsysteme _____	14
1.1.4 Klinischer Versorgungsalgorithmus/Schockraummanagement _____	17
1.1.5 Ablauf der radiologischen Diagnostik von polytraumatisierten Patienten ____	18
1.2 Grundlagen der Sonographie (des Ultraschalls)	21
1.2.1 Erzeugung und Empfang von Ultraschallwellen _____	21
1.2.2 Aufbau eines Ultraschallsenders (Schallkopf, Transducer) _____	22
1.2.3 Charakteristik des Schallfeldes _____	23
1.2.4 Auflösungsvermögen _____	23
1.2.5 B-mode-Darstellung (Brightness) _____	24
1.2.6 Bild- und Geräteeinstellungen _____	24
1.2.7 Bildartefakte _____	25
1.3 FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma)	27
1.3.1 Grundlagen der FAST _____	27
1.3.2 Durchführung der FAST _____	30
1.3.3 Standardschnittebenen der FAST _____	32
1.3.4 Beurteilung und Algorithmus nach Diagnose der FAST _____	36
1.3.5 Studienergebnisse _____	37
1.4 Computertomographie	39

1.4.1	Technische Grundlagen der Computertomographie	40
1.4.2	Bildakquisition	42
1.4.3	Strahlenbelastung	44
1.4.4	Einsatz der CT im Polytrauma-Management	49
1.4.5	Typische Verletzungsmuster polytraumatisierter Patienten	51
2	<i>Material und Methoden</i>	57
3	<i>Ergebnisse</i>	59
3.1	Geschlecht- und Altersverteilung	59
3.2	Unfallart	60
3.3	Glasgow Coma Scale	61
3.4	Verletzungsmuster	61
3.5	Therapie und Verlauf	64
3.6	Freie intraabdominelle Flüssigkeit in der CT und in der Sonographie	64
3.7	Sensitivität und Spezifität der FAST für die Beurteilung von freier intraabdomineller Flüssigkeit	65
3.8	Klinischer Verlauf der Patienten mit nachgewiesener freier intraperitonealer Flüssigkeit	66
4	<i>Diskussion</i>	68
5	<i>Ausblick</i>	74
	<i>Literaturverzeichnis</i>	76

Glossar und Abkürzungen

Abd	Abdomen
a.p.	anterior-posterior
ATLS	Advanced Trauma Life Support
Be	Becken
BWS	Brustwirbelsäule
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CT	Computertomographie
CTDI	Computertomographie Dosis Index
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
d.h.	das heißt
DPL	Diagnostische Peritoneal-Lavage
EFAST	Extended Focussed Assesment with Sonography in Trauma
evtl.	eventuell
FAST	Focussed Assesment with Sonography in Trauma
GCS	Glasgow Coma Scale
GE	Gesichtsschädel
Gy	Gray
H	Hals
HE	Houndsfield-Einheit
HWS	Halswirbelsäule
ISS	Injury Severity Score
i.v.	intravenös
kV	Kilo-Volt
LWS	Lendenwirbelsäule
mAs	Milli-Amper-Sekunden
mg	Milligramm
MHz	Mega-Hertz
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MOV	Multiorganversagen

mSV	Milli-Sievert
OP	Operation
PFAST	Prehospital Focussed Assesment with Sonography in Trauma
s	Sekunde
SG	Schädel-Gehirn
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
sO ₂	Sauerstoffsättigung
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TGC	Time Gain Compensation; Tiefenverstärkung
TX	Transducer
VLC	Vulnus Lacero Contusum (Rissquetschwunde)
z.B.	zum Beispiel

Zwecks leichter Lesbarkeit wurde durchgehend die männliche Form verwendet.

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Aufbau eines Ultraschallkopfes [11]</i>	23
<i>Abbildung 2: Anatomische Räume die eine Flüssigkeitsansammlung zulassen [25]</i>	28
<i>Abbildung 3: Die linke Abbildung zeigt die Standardschnittebenen der FAST, die rechte Abbildung zeigt die erweiterten Schnittebenen der FAST(= EFAST) [16]</i>	30
<i>Abbildung 4: Normale Morrison-Grube, L steht für Leber (liver), K steht für Niere (kidney). Der Pfeil zeigt auf die echoreiche Struktur des Zwerchfells. [20]</i>	32
<i>Abbildung 5: Darstellung der Leber, der Niere und der flüssigkeitsgefüllten Morrison Grube. Der Pfeil weist auf die freie Flüssigkeit hin. [20]</i>	32
<i>Abbildung 6: Normale Darstellung der Milz und der linken Niere [25]</i>	33
<i>Abbildung 7: Ultraschallbild von Milz (Spleen) und Niere(Kidney) mit einer perisplenischen Flüssigkeitsansammlung (Fluid) [25]</i>	33
<i>Abbildung 8: Normaler 4-Kammerblick, L steht für die Leber [20]</i>	34
<i>Abbildung 9: Die Pfeile zeigen auf einen deutlichen Perikarderguss. LV steht für linker Ventrikel. [20]</i>	34
<i>Abbildung 10: Normales suprapubisches Ultraschallbild, die volle Blase erscheint echoarm. [20]</i>	35
<i>Abbildung 11: Suprapubisches Ultraschallbild, der Pfeil zeigt auf die freie Flüssigkeit die hinter der gefüllten Blase zu erkennen ist. [20]</i>	35
<i>Abbildung 12: Funktionsprinzip der CT [38]</i>	39
<i>Abbildung 13: Schematische Abbildung der Funktionsweise der Spiral-CT [11]</i>	41
<i>Abbildung 14: Darstellung der verschiedenen Fenster. Thoraxaufnahme auf Höhe des Aortenbogens. (a) Weichteilfenster, (b) Lungenfenster, (c) Knochenfenster</i>	43
<i>Abbildung 15: Die Häufigkeit der einzelnen radiologischen Untersuchungen wird im linken Diagramm dargestellt, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Strahlendosis im rechten Diagramm [39]</i>	47
<i>Abbildung 16: 3D-Rekonstruktion einer Kalottenberstungsfraktur, bei einem 36jährigen Patienten nach Schiunfall</i>	52
<i>Abbildung 17: Berstungsfraktur des 7. Brustwirbelkörpers mit komplettem Querschnitt, bei einer 24-jährigen Patientin nach einem Verkehrsunfall, (Abbildung a zeigt einen sagittalen Schnitt der Wirbelsäule, Abbildung b einen transversalen Schnitt des Wirbelkörpers)</i>	53

<i>Abbildung 18: 74-jährige Patientin nach Verkehrsunfall, in Abbildung a zeigt der Pfeil auf den Pneumothorax, in Abbildung b auf eine Rippenfraktur.....</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 19: Abbildung a zeigt eine Milzlazeration bei einer 23-jährigen Patientin nach Verkehrsunfall, Abbildung b zeigt eine Leberlazeration mit massiver freier Flüssigkeitsansammlung intrabdominell bei einer 34-jährigen Patientin nach Verkehrsunfall.....</i>	<i>55</i>
<i>Abbildung 20: Abbildung a zeigt einen CT-Frontalschnitt des Beckens, eines 36-jährigen Patienten nach Verkehrsunfall, mit einer Trümmerfraktur der Ala ossis ili sowie einer Schambeinfraktur, Abbildung b zeigt einen Sagittalschnitt des Beckens, desselben Patienten.....</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 21: Geschlechtverhältnis des polytraumatisierten Patientenkollektivs</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 22: Darstellung der Altersverteilung der polytraumatisierten Patienten.</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 23: Häufigkeiten einzelner Unfallsarten der polytraumatisierten Patienten....</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 24: Darstellung der Verletzungsgrade beim Schädel-Hirn-Trauma.</i>	<i>61</i>
<i>Abbildung 25: Darstellung der Verletzungshäufigkeit.</i>	<i>62</i>
<i>Abbildung 26: Aufschlüsselung der Verletzungsmuster einer Kategorie.</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 27: Kombination der Verletzungsmuster bei Verletzungen zweier Kategorien</i>	<i>63</i>
<i>Abbildung 28: Klinischer Verlauf.....</i>	<i>64</i>
<i>Abbildung 29: Darstellung der Untersuchungsergebnisse von Sonographie und CT.....</i>	<i>65</i>

Die Abbildungen 14, sowie 16-20, die nicht näher durch Fußnoten gekennzeichnet sind, wurden freundlicherweise von der Universitätsklinik für Radiologie zur Verfügung gestellt.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausschnitt aus dem Traumaregister der DGU aus den Jahren 2006, 2008 und Gesamtzahlen [14]	13
Tabelle 2: Verletzungsmechanismen und Indikationen zur Alarmierung des Schockraumteams [13].....	15
Tabelle 3: Glasgow Coma Scale [15]	16
Tabelle 4: ISS nach Baker. Die drei am schwersten verletzten Körperregionen bekommen Punkte nach dem AIS-Score zugeteilt. Diese höchsten drei Punktwerte werden jeweils quadriert und danach summiert. Daraus ergibt sich der ISS. [18].....	17
Tabelle 5: Chirurgen nach ausgiebigem Training und Radiologen bei der Diagnose von freier Flüssigkeit und Organverletzungen im Vergleich [23]	29
Tabelle 6: Schematischer Überblick der weiteren Versorgung nach gestellter FAST Diagnose [26].....	37
Tabelle 7: Studienergebnisse bezüglich der Sensitivität und der Spezifität der FAST [24] 38	
Tabelle 8: Vorteile der Spiral CT [11].....	42
Tabelle 9: Typische Dichtewerte verschiedener Gewebe in Hounsfield-Einheiten [12] ..	43
Tabelle 10: Mittlere Strahlenexposition der deutschen Bevölkerung pro Jahr [11]	45
Tabelle 11: Effektive Dosis verschiedener radiologischer Untersuchungsmethoden (je nach Anzahl und Dicke der einzelnen Schichten können die effektiven Dosen der angegebenen Werte noch variieren) [38] [41].....	49
Tabelle 12: Standard Untersuchungsparameter der Polytrauma-CT.....	57
Tabelle 13: Aufschlüsselung des klinischen Verlaufs in Bezug auf die Diagnose freier intraperitonealer Flüssigkeit durch die CT und die FAST.....	66

1 Einleitung

1.1 Polytrauma

1.1.1 Begriffsdefinition:

Zwei unterschiedliche Definitionen für den Begriff „Polytrauma“ können in der Literatur gefunden werden:

Die Definition nach Tscherne lautet: „Unter einem Polytrauma versteht man gleichzeitig entstandene Verletzungen mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wobei wenigstens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer lebensbedrohlich ist.“ [2]

Trentz definiert das Polytrauma wie folgend: „Der Terminus Polytrauma bezeichnet ein Syndrom von Verletzungen mehrerer Körperregionen definierten Schweregrades (Injury Severity Score [ISS] >16) welches zu konsekutiven Systemreaktionen mit Funktionsstörungen oder Versagen primär nicht verletzter Organe oder Defensivsysteme führen kann.“ [3]

Während Tscherne nur Verletzungen einer oder mehrerer Körperregionen betrachtet, geht Trentz auf die daraus folgenden pathologischen Systemreaktionen und Organversagen ein. Als Definierung des Schweregrades benutzt er den ISS-Score.

Des Weiteren müssen polytraumatisierte Patienten, von Patienten mit Mehrfachverletzungen ohne vitale Bedrohung und auch von Patienten mit schweren, lebensbedrohlichen Einzelverletzungen unterschieden werden. [1] [18]

1.1.2 Epidemiologie und Ätiologie

In den Industriestaaten ist das Trauma die führende Todesursache in der Altersgruppe bis 40 Jahre. Lebensbedrohliche Mehrfachverletzungen resultieren hierbei zumeist aus Verkehrsunfällen und Stürzen aus großer Höhe (Arbeitsunfälle, Suizidversuche). In den letzten 30 Jahren konnte die Letalität der Schwerverletzten durch die Entwicklung von flächendeckenden Rettungssystemen und darauf spezialisierten Traumazentren gesenkt werden.

Um die Behandlungsqualität der einzelnen Traumazentren in Deutschland miteinander vergleichen zu können wurde 1993 der Traumaregister der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) gegründet. Mittlerweile sind auch Kliniken aus Österreich, der Schweiz, Belgien und Holland am deutschen Traumaregister beteiligt, um eine Vergleichbarkeit von nationalen Unfalldaten zu ermöglichen. [1] [13]

An dieser Stellen sollen die wichtigsten Daten aus dem aktuellen Trauma Jahresbericht 2009 (Zeitraum bis Ende 2008) der DGU kurz zusammengefasst werden, um einen Überblick über das polytraumatisierte Patientenkollektiv gewinnen zu können (Gesamt schließt alle Zahlen seit Beginn der Aufzeichnungen 1993 ein).

	2006	2008	GESAMT
Patienten			
Durchschnittsalter	43,1 Jahre	44,9 Jahre	42 Jahre
Anteil der Männer	72%	73%	72%
Trauma			
Stumpfes Trauma	94%	96%	95%
ISS > 16	74%	76%	73%
Versorgung im Schockraum			
Abbruch wegen Notfall-OP	3%	3%	6%
Einsatz eines CT	86%	89%	76%
Weiterversorgung Klinik			
Operierte Patienten	73%	76%	77%
Intensivpflichtige Patienten	83%	86%	86%
Outcome			
Liegedauer im Krankenhaus	23,3 Tage	21,9 Tage	24,5 Tage
Liegedauer Intensiv	10,6 Tage	10,2 Tage	11,1 Tage
Frühletalität (< 24 Stunden)	6%	7%	7%
Letalität im Krankenhaus	13%	14%	14%
Durchschnittliche Zeit zwischen Krankenhausaufnahme und Durchführung der:			
Thoraxröntgenaufnahme	10 min	13 min	14 min
Abdomen/Thoraxsonographie	7 min	6 min	8 min
Ganzkörper-CT	26 min	23 min	26 min

Tabelle 1: Ausschnitt aus dem Traumaregister der DGU aus den Jahren 2006, 2008 und Gesamtzahlen [14]

Aus diesem Jahresbericht des Traumaregisters geht eindeutig hervor, dass es sich bei polytraumatisierten Patienten oft um junge (Durchschnittsalter liegt bei 42 Jahren), männliche (72% der Patienten) Patienten handelt. Der häufigste Traumamechanismus war das stumpfe Trauma, in rund 95% der Fälle. [13] [14]

1.1.3 Scoringsysteme

Da das polytraumatisierte Patientenkollektiv, Patienten mit den unterschiedlichsten physiologischen Voraussetzungen umfasst und da herkömmliche Prognosen aufgrund der Einschätzung der Einzelverletzungen nicht adäquat anwendbar sind, da es im Weiteren nicht nur zu einer Addierung der Einzelverletzungen, sondern u.U. auch zu einer Potenzierung kommen kann, wurden Scoringsysteme entwickelt. [2]

Diese Scoringsysteme dienen einerseits zur frühzeitigen Risikoabschätzung, um weitere therapeutische Maßnahmen einzuleiten, andererseits zur Abschätzung der Prognose. Die Prognose ist wiederum von patientenspezifischen Faktoren wie Alter und Vorerkrankungen abhängig, als auch von der Verletzungsschwere. Diese setzt sich aus den Einzelverletzungen und deren Auswirkungen auf den gesamten Organismus zusammen.

Die erste Einschätzung der Verletzungsschwere des polytraumatisierten Patienten nimmt der Notarzt an der Unfallstelle vor. Die nachfolgende Tabelle zeigt Parameter auf, die zu einer raschen Versorgung in einem Traumazentrum führen sollten:

<u>VITALPARAMETER</u>	<u>VERLETZUNGSMUSTER</u>	<u>UNFALLMECHANISMUS</u>
Glasgow Coma Scale < 10	Instabiler Thorax	Sturz aus mehr als 5 m Höhe
Systolischer Blutdruck < 80mmHg	Offene Thoraxverletzungen	Explosionsverletzungen
Atmenfrequenz < 10 und >29/min	Instabile Beckenfrakturen	Einklemmung oder Verschüttung
SO ₂ < 90% (< 85% bei > 75 Jahren)	Frakturen von >2 Röhrenknochen an der unteren Extremität	Ejektion aus dem Fahrzeug
	Proximale Amputationen von großen Gliedmaßen	Tod des Beifahrers
	Rippenserienfrakturen bei Zusatzverletzungen	Fußgänger oder Radfahrer angefahren
		Motorrad- oder Autounfall mit höherer Geschwindigkeit

Tabelle 2: Verletzungsmechanismen und Indikationen zur Alarmierung des Schockraumteams [13]

Die unterschiedlichen Scoringsysteme benutzen anatomische, physiologische und biochemische Parameter um eine quantitative Einschätzung der Verletzungen abzugeben. International gesehen wird vorrangig der Glasgow Coma Scale (GCS) bzw. der Injury Severity Score (ISS) verwendet.

Meist wird für die erste Einschätzung der Bewusstseinslage bei Verdacht auf Schädel-Hirn-Trauma der Glasgow Coma Scale (GCS) verwendet. Dabei werden für die Kriterien Augenöffnen, verbale Antwort und motorische Reaktion, Punkte vergeben. Die Maximalpunktzahl beträgt 15. Anhand der erreichten Punktzahl lässt sich auch die Schwere der Schädel-Hirn-Verletzungen abschätzen: [15]

- GCS 15-13 leichte Schädel-Hirn-Verletzung
- GCS 12-9 mittelschwere Schädel-Hirn-Verletzung
- GCS 8-3 schwere Schädel-Hirn-Verletzung

<u>GLASGOW COMA SCALE</u>		
Kriterium	Reaktion	Punkte
Augenöffnen	Spontan	4
	Nach Aufforderung	3
	Nach Schmerzreiz	2
	Keine Reaktion	1
Verbale Antwort	Orientiert, prompt	5
	Desorientiert	4
	Unverständliche Worte	3
	Stöhnen, unverständlich	2
	Keine Reaktion	1
Motorische Reaktion	Befolgt Aufforderungen	6
	Gezielte Abwehr nach Schmerzreiz	5
	Ungezielte Abwehr nach Schmerzreiz (Beugen, Wegziehen)	4
	Pathologische Beugemechanismen nach Schmerzreiz	3
	Streckmechanismen nach Schmerzreiz	2
	Keine Reaktion	1
Summe maximal		15

Tabelle 3: Glasgow Coma Scale [15]

Der **ISS (Injury Severity Score)** ist einer der ältesten (1974 von Baker veröffentlicht) und am häufigsten gebrauchte Score. Er basiert auf dem AIS (Abbreviated Injury Scale). Dieser Score ordnet jeder Einzelverletzung Schweregrade von 1 (gering) bis 6 (maximal) zu, wobei Schweregrad 6 in der Regel nicht überlebt werden kann. Für den ISS werden mittels AIS die drei am schwersten betroffenen von 6 Regionen (Kopf, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten inkl. Becken, Weichteile) ermittelt. Ihre Werte werden quadriert und summiert. Einer Verletzungsschwere von 6 beim AIS wird beim ISS automatisch die Maximalpunktzahl von 75 zugeteilt. Je höher der Score, desto schwerer ist die Verletzung. Die Nachteile des ISS liegen darin, dass nur die drei am schwersten verletzten Körperregionen gewertet werden, alle Regionen gleich gewichtet werden und das bei Mehrfachverletzungen einer Region, nur eine, nämlich die schwerste gewertet wird. Ab

einem ISS von 16 Punkten wird die Behandlung in einem Traumazentrum empfohlen. [1] [13] [15] [18]

BEURTEILTE KÖRPERREGION	EINSCHÄTZUNG DER VERLETZUNGSSCHWERE FÜR JEDE REGION	PUNKTE
Weichteil	Gering	1
Kopf/Hals	Mäßig	2
Gesicht	Schwer, nicht lebensbedrohlich	3
Thorax	Schwer; lebensbedrohlich	4
Abdomen	Kritisch, Überleben unsicher	5
Extremitäten	Maximal	6

Tabelle 4: ISS nach Baker. Die drei am schwersten verletzten Körperregionen bekommen Punkte nach dem AIS-Score zugeteilt. Diese höchsten drei Punktwerte werden jeweils quadriert und danach summiert. Daraus ergibt sich der ISS. [18]

1.1.4 Klinischer Versorgungsalgorithmus/Schockraummanagement

Da sich diese Diplomarbeit vorrangig mit den radiologischen Diagnosemöglichkeiten in der Klinik befasst, wird auf die präklinische Versorgung der Patienten nicht näher eingegangen.

Die Versorgung von polytraumatisierten Patienten läuft nach einem standardisierten Stufenschema, welches Diagnostik und Therapie verbindet, ab. Die Grundlagen dafür wurden vom American College of Surgeons Committee on Trauma im „Advanced Trauma Life Support“ Konzept (ATLS) zusammengefasst.

Durch die Beachtung dieses Algorithmus können Informationsverluste vermieden und rasch eine Versorgungsstrategie festgelegt werden. Das ATLS sieht zwei Phasen die „**Primary Survey**“ und die „**Secondary Survey**“ Phase vor.

Bei der „Primary Survey“ kommt es zu einer Erstuntersuchung anhand der Vitalparameter, wobei aufgetretene Vitalparameterstörungen (kardiopulmonale Stabilisierung) gleich behoben werden. Ebenso erfolgt eine Basisbildgebung (Sonographie, Röntgenthorax a.p., Beckenübersicht). Bei instabilen Patienten muss die Notwendigkeit einer lebensrettenden Notoperation (z.B. Anlegen einer Thoraxsaugdrainage) in Betracht gezogen werden oder es müssen lebensrettende Sofortmaßnahmen (kardiopulmonale Reanimation) durchgeführt werden. Solange der Patient kardiopulmonal instabil ist, werden die Maßnahmen der „Primary Survey“ fortgesetzt, danach schließt sich bei stabilen Patienten die „Secondary Survey“ Zweituntersuchung an. Nach dem Prinzip „von Kopf bis Fuß“ werden durch eine genaue körperliche Untersuchung und durch eine schnelle, differenzierte Bildgebung („Polytrauma-CT“ Multislice-CT vom Schädel bis zum Becken) die Gesamtverletzungsdiagnosen erhoben. Danach erfolgt anhand der gesamten erhobenen Untersuchungsergebnisse die Entscheidung über das weitere Vorgehen. Je nach Zustand des Patienten und Verletzungsart und –schwere, können nur dringliche Sofortoperationen oder eine definitive Versorgung durchgeführt werden. Auch bei komplexen Verletzungsmustern soll die gesamte Schockraumphase nicht länger als 60 Minuten dauern. [13] [17] [18]

1.1.5 Ablauf der radiologischen Diagnostik von polytraumatisierten Patienten

Zu den radiologischen Basisdiagnostika bei der Versorgung von polytraumatisierten Patienten gehören die Röntgendiagnostik, die Sonographie und das „Polytrauma-CT“ (Multislice-CT).

In der „Primary Survey“ Phase werden als radiologische Standarddiagnostik konventionelle Röntgenaufnahmen (Thoraxröntgen a.p., Beckenübersichtsröntgen; Röntgen der HWS sowie der betroffenen Extremitäten) sowie eine Sonographie durchgeführt. Die Vorteile der konventionellen Röntgenaufnahmen liegen darin, dass sie rasch verfügbar, einfach zu handhaben und aussagekräftig sind. Nachteilig wirken sich Lagerungsprobleme und Überlagerungen von Fremdkörpern (angebrachte Sonden, etc.) auf die Beurteilbarkeit aus. Die bildgebenden diagnostischen Verfahren dürfen die Sicherung der Vitalparameter nicht behindern oder verzögern.

Die Thoraxübersicht im a.p. Strahlengang lässt eine Beurteilung der Lungenstrukturen sowie der darauf miterfassten knöchernen Strukturen (Brustwirbelsäule, Teile der Hals- und Lendewirbelsäule, Rippen, Sternum, Claviculae, angrenzende Schultergelenke sowie des Humeruskopfes) zu. Die wichtigsten zu erkennenden Krankheitsbildern sind: Pneumothorax, Pleuraerguss, Lungenkontusionen, Verlegung der Atemwege durch Aspiration, Zwerchfellrupturen mit Herniation von Oberbauchorganen, evtl. freie Luft bei Stichverletzungen.

Bei der Beckenübersichtsaufnahme werden die knöchernen Beckenstrukturen, die Lendenwirbelsäule, die Hüftgelenke sowie die Iliosakralgelenke abgebildet. Die Abbildung erfolgt nur in einer Ebene, somit lassen sich nicht alle Dislokationen genau abbilden. Jedoch meist gut erkennbar sind Frakturen des Beckenrings, Schenkelhalsfrakturen, Symphysemsprengungen, dislozierte Acetabulumfrakturen und Abrissfrakturen der Beckenschaufeln. Die Weichteilbeteiligung kann jedoch nicht abgeschätzt werden, dafür erweist sich das „Polytrauma-CT“ als günstigstes diagnostisches Verfahren.

Je nach Standard der einzelnen Kliniken werden noch Röntgenbilder der Halswirbelsäule und Röntgenbilder der verletzten/verletzt erscheinenden Extremitäten angefertigt. Dies dient zu einer ersten Einschätzung der weiteren knöchernen Verletzungen und zur Planung der weiteren Diagnostik und Therapie. Jedoch ist die Aussagekraft dieser Untersuchungen oftmals herabgesetzt, da nur eine Ebene angefertigt werden kann oder es zu Überlagerungen in der Bildgebung durch die Lagerung des Patienten (Schienung von Extremitäten) kommt.

Die Sonographie wird im Rahmen des FAST-Konzepts (focussed assessment sonography in trauma) durchgeführt. Die FAST ist eine schnelle (2-5 Minuten dauernde) Sonographie des Abdomens, bei der durch die Beurteilung von Standardschnittebenen, die Frage nach freier intraabdomineller Flüssigkeit und evtl. auch die Frage nach parenchymatösen Oberbauchorganverletzungen beantwortet werden kann. Die Standardschnittebenen umfassen den Recessus hepatorenale (Morrison-Pouch), den Recessus splenorenale (Koller-Pouch), den retrovesikalen Raum (Douglas), den linken sowie den rechten Pleurarandwinkel und einen Vierkammerblick des Herzens. [13] [15] [17] [18]

In der „**Secondary Survey**“ Phase wird die Diagnostik durch eine genaue körperliche Untersuchung und die Durchführung eines „Polytrauma-CTs“ vervollständigt. Das „Polytrauma-CT“ ist eine CT in Spiraltechnik mit gleichzeitiger Erfassung multipler Schichten (64-Zeiler). Dadurch werden sehr kurze Untersuchungszeiten (ein Untersuchungsgang vom Schädel bis zum Becken, mit Kontrastmittelapplikation und Umlagerung des Patienten, dauert etwa 5 Minuten) ermöglicht, Bewegungsartefakte und Kontrastmittelmengen können reduziert werden. Durch die anschließende digitale Bildbearbeitung können einzelne organspezifische Strukturen herausgearbeitet oder unterdrückt werden. Auch dreidimensionale Rekonstruktionen von z.B. knöchernen Strukturen (komplizierte Trümmerfrakturen) sind möglich. Durch Kontrastmittelgabe können auch alle relevanten Gefäßverletzungen abgebildet werden. [13] [15]

Da diese beiden Untersuchungsmethoden wichtiger Bestandteil dieser Diplomarbeit sind wird auf die FAST in Kapitel 1.3 und auf die Polytrauma-CT in Kapitel 1.4 noch näher eingegangen.

1.2 Grundlagen der Sonographie (des Ultraschalls)

Die Sonographie ist eine weit verbreitete Untersuchungsmethode, die es ermöglicht Schnittbilder vieler Organe in beliebigen Schichtführungen darzustellen. Da sie einfach verfügbar, kostengünstig und sehr aussagekräftig ist, wird diese Untersuchungsmethode bei einer Vielzahl von Fragestellungen eingesetzt. Anders als bei konventionellen Röntgenmethoden, werden Reflexionen von Schallwellen benutzt um in der Sonographie ein Bild zu erzeugen. Daher ist diese Untersuchungstechnik nicht strahlenbelastend und kommt deshalb bei einer Vielzahl von Fragestellungen zum Einsatz (z.B. freie Flüssigkeit im Abdomen, Beurteilung parenchymatöser Oberbauchorgane, Gynäkologie und vor allem Geburtshilfe,...). Oft wird die Sonographie als erste diagnostische Methode (Vorsorgeuntersuchungen) eingesetzt, aber sie wird auch zur Verlaufskontrolle (gerade bei Schwangerschaften) eingesetzt. Die Untersuchungsergebnisse hängen von der Erfahrung des Untersuchers ab und können durch Patienten abhängige Faktoren (adipöse Patienten, Meteorismus) an ihre Grenzen stoßen. [11] [12]

Alle bildgebenden Untersuchungstechniken, wie auch die Sonographie, basieren auf der Darstellung von Unterschieden bei der Interaktion von Energie und Gewebe. Die Sonographie nutzt für diese Darstellung Schallwellen. Schallwellen sind eine Form der kinetischen Energie und entstehen durch die mechanische Schwingung einer Klangquelle, z.B. durch die Vibration der Kristallelemente im Schallkopf eines Ultraschallgerätes, diese Vibration setzt sich im Medium als Teilchenbewegung fort. Durchdringen nun Schallwellen eine Materie werden sie durch unterschiedliche Mechanismen abgeschwächt. Die vier wichtigsten Mechanismen sind Absorption/Schwächung, Reflexion/Brechung, Streuung und Divergenz. Auf welche Art und Weise die Ultraschallwellen geschwächt werden hängt vom durchlaufenen Gewebe ab und kann somit zur Charakterisierung des Gewebes dienen. [6] [7] [8] [9]

1.2.1 Erzeugung und Empfang von Ultraschallwellen

Für die medizinische Diagnostik werden Ultraschallgeräte eingesetzt die in einem Frequenzbereich zwischen 2 und 20 MHz arbeiten. Meist wird für die Erzeugung von

Ultraschallwellen der piezoelektrische Effekt genutzt: Beim Anlegen von Wechselfspannung verformen sich piezoelektrische Kristalle periodisch, es entstehen mechanische Schwingungen, also Schallwellen. Dieser Effekt ist umkehrbar, Schallwellen können piezoelektrische Kristalle verformen, wodurch eine messbare elektrische Spannung entsteht. Deshalb können piezoelektrische Kristalle sowohl als Ultraschallsender als auch als –Empfänger eingesetzt werden. Die Schallquelle eines Ultraschallgerätes wird meist von 64-1024 piezoelektrischen Kristallen (Elementen) die sich an der Auflagefläche des Schallkopfes (Transducers, TX) befinden, gebildet. [6] [7] [9] [11]

In der medizinischen Ultraschalldiagnostik wird zur Bilderzeugung das **Puls-Echo-Prinzip** verwendet. Ein kurzer Ultraschallimpuls wird ausgesendet, die reflektierten Echos werden empfangen. Aus der Laufzeit (Zeit die zwischen dem Senden und Empfangen des Ultraschallimpulses vergeht) kann bei bekannter Schallgeschwindigkeit die Tiefe des Ortes der Entstehung des Echos berechnet werden. Aus der Stärke des Echos können Rückschlüsse auf die Impedanz des reflektierten Objektes gezogen werden. [7]

Entsprechend dem Ort ihrer Entstehung werden diese elektrischen Signale auf dem Monitor als Graustufen dargestellt: Je heller der Grauton, desto größer ist die reflektierte Energie (starker Reflektor, z.B. Luft oder Kalk), weist eine Flüssigkeit keine Reflektoren auf, wird sie schwarz dargestellt (z.B. Urin, Galle). [6]

1.2.2 Aufbau eines Ultraschallsenders (Schallkopf, Transducer)

Ein Ultraschallsender (Schallkopf) besteht aus dem piezoelektrischen Material (meist 64-1024 piezoelektrische Kristalle). Auf der dem Patienten zugewandten Vorderseite befindet sich die Anpassungsschicht (auch $\lambda/4$ Schicht genannt, da sie genau einem Viertel der Wellenlänge entsprechen soll), diese erleichtert den Übergang vom Ultraschall in das Gewebe. Um eine gute Schallleitung, die sog. akustische Ankoppelung, zu gewähren, wird zwischen Ultraschallkopf und Patient etwas Ultraschall-Gel aufgetragen. Hinter den piezoelektrischen Elementen liegen eine Dämpfungsschicht und eine seitliche Schallisolation, damit es zu keinen unkontrollierten Reflexionen und Vibrationen kommt. [8] [9] [11]

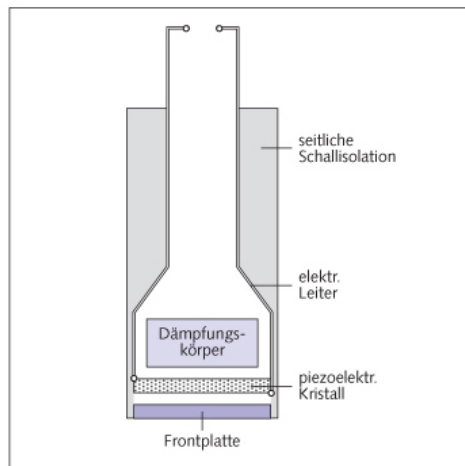


Abbildung 1: Aufbau eines Ultraschallkopfes [11]

Aufgrund der Anordnung der piezoelektrischen Elemente im Schallkopf, können unterschiedliche Arten von Schallköpfen, z.B. Linearschallkopf, Konvexschallkopf oder Sektorschallkopf, unterschieden werden:

1.2.3 Charakteristik des Schallfeldes

Je schmaler der Ultraschallstrahl ist, desto besser können Details erkannt werden. Deshalb wird der Ultraschallstrahl durch eine akustische Linse auf eine bestimmte Tiefe fokussiert. Beim fokussierten Schallkopf können drei Zonen unterschieden werden: das Nahfeld, der Fokusbereich und das Fernfeld. [7]

Da im Fokusbereich der Durchmesser des Ultraschallstrahls am dünnsten und die Schallstärke, aufgrund des Brennglaseffekts, am höchsten ist, herrscht in dieser Zone eine hohe Auflösung. Die Detailerkennbarkeit ist hier sehr hoch, deshalb sollten die zu beurteilende Strukturen in der Fokuszone liegen. Das Nah- und das Fernfeld eignen sich nicht besonders gut zur Beurteilung von Strukturen. [7] [11]

1.2.4 Auflösungsvermögen

„Das Auflösungsvermögen beschreibt den minimalen Abstand, bei dem zwei benachbarte Punkte noch als getrennt voneinander unterschieden werden können.“[8] Es werden zwei Arten, das axiale (minimaler Abstand zweier Punkte in Schallausbreitungsrichtung) und

das laterale (minimaler Abstand zweier Punkte senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung) Auflösungsvermögen unterschieden. Das axiale Auflösungsvermögen ist abhängig von der Dauer und Länge des Ultraschallimpulses, jedoch nicht vom Schallkopfdurchmesser und von der Tiefe. Bei einer Frequenz von 3,5 MHz liegt es in einem Bereich von 0,5 – 1 mm. Das laterale Auflösungsvermögen ist abhängig von der Breite des Ultraschallstrahls, je breiter dieser Strahl ist, desto schlechter ist die Auflösung. [8] [9] [11]

1.2.5 B-mode-Darstellung (Brightness)

Bei diesem Modus handelt es sich um eine Weiterentwicklung des A-modes, anstatt eines linearen Bildes wird eine Helligkeitsverteilung dargestellt. Jedem reflektierten Ultraschallimpuls wird aufgrund seines Amplitudenwertes ein Helligkeitswert (Graustufe) zugeordnet. Bei der Bildrekonstruktion werden den einzelnen Echointensitäten Bildpunkte in der entsprechenden Graustufe zugeordnet und diese je nach zeitlichem Eintreffen am Sender in Zeilen/Linien zusammengesetzt. Desto höher die Amplitude, desto stärker nähert sich der Grauwert an Weiß. Dieses zweidimensionale Bild ist aus ca. 120 Bildzeilen zusammengesetzt. Heutzutage lässt sich aus den Daten (Richtung und Laufzeit des Schallimpulses, Intensität des Echos, Lokalisation der angesteuerten Kristalle am Schallkopf) sofort ein Schnittbild erzeugen und am Monitor abbilden (**Real-time-Sonographie**). Pro Sekunde lassen sich mit der Real-time-Sonographie etwa 15-20 Bilder erzeugen, es ist also möglich Bewegungsabläufe zu beobachten. [7] [9] [12]

1.2.6 Bild- und Geräteeinstellungen

Um ein optimales Ultraschallbild zu erhalten sind einige grundlegende Einstellungen vorzunehmen. Die wichtigsten grundlegenden Einstellungen werden an dieser Stelle kurz zusammengefasst:

➤ **Eindringtiefe:**

Sie sollte so eingestellt werden, dass die abzubildende Struktur erkennbar ist und auch noch Strukturen hinter ihr, um Schallphänomene zu erkennen.

➤ **Sendeleistung (Power):**

Entspricht der pro Zeiteinheit ausgesandten Schallenergie in das Gewebe. Sie sollte um biologische Effekte zu vermeiden so gering wie möglich gehalten werden.

➤ **Gesamtverstärkung (Gain):**

Diese legt fest, wie sehr die empfangenen Signale verstärkt werden. Sie darf nicht zu hoch sein, da ansonsten auch das Rauschen verstärkt wird und sollte mit der Sendeleistung abgestimmt sein.

➤ **Tiefenverstärkung (TGC, Time Gain Compensation):**

Dadurch wird die Schwächung des Ultraschallstrahls im Gewebe ausgeglichen. Ein homogenes Gewebe wird sowohl in der Nähe als auch in der Ferne des Schallkopfes gleich dargestellt.

➤ **Fokusposition:**

Sie bestimmt den Ort der besten Auflösung und sollte deshalb immer in der Nähe der zu beurteilenden Struktur sein.

➤ **Pre-processing:**

Durch Anpassung der Bildparameter am laufenden Bild kommt es zu einer elektronischen Verbesserung der Signalqualität und der Auflösung.

➤ **Post-processing:**

Darunter wird die Bearbeitung der fertigen Ultraschallbilder verstanden. Es können Organkontinuitäten hervorgehoben, Inhomogenitäten besser sichtbar gemacht oder Kontraste zwischen starken und schwachen Echos besser hervorgehoben werden. Bei der Nachbearbeitung gehen jedoch Bildinformationen verloren. [7] [8]

1.2.7 Bildartefakte

Artefakte sind Strukturen im Ultraschallbild die keinem anatomischen Korrelat zuzuordnen sind. Sie entstehen aufgrund der Diskrepanz zwischen idealen physikalischen/gerätetechnischen und tatsächlichen Bedingungen. Sie können störend oder aufschlussreich (z.B. Schallschatten) und hilfreich bei der Diagnosestellung sein. Die Wichtigsten werden an dieser Stelle kurz erwähnt:

➤ **Schallschatten:**

Hinter stark reflektierenden oder absorbierenden Strukturen (z.B. Steine, Zysten, Rippen, Gasansammlung) kommt es zu keiner Abbildung (bandförmiger, echofreier Bereich).

➤ **Schallverstärkung:**

Der Ultraschall wird in liquiden oder semiliquiden Strukturen (Zysten, Abszesse, nekrotisierende Metastasen) nur gering abgeschwächt, durch diese fehlende Abschwächung kommt es zu einer Schallverstärkung (heller Streifen hinter der Struktur) gegenüber dem benachbarten Gewebe.

➤ **Zystenrandschatten:**

Durch das tangentielle Auftreffen des Ultraschallstrahls an Zystenwänden kommt es, durch Brechung und Reflexion zur Seite zu einer Schattenbildung (echoarme oder echofreie schmale Schallschatten an Zystenrändern).

➤ **Spiegelartefakt:**

Wenn Strukturen vor stark reflektierenden Grenzflächen (z.B. das Zwerchfell) liegen, werden sie als „Trugbilder“ dahinter nochmals abgebildet.

➤ **Wiederholungsartefakt:**

Durch Mehrfachreflexionen des Schallimpulses zwischen stark reflektierenden Grenzflächen entstehen multiple (helle, band- oder kometenschweifartige) Artefaktlinien.

➤ **Schichtdickenartefakt:**

An gebogenen Grenzflächen zwischen echofreien und echodichten Strukturen kommt es durch die Schallkeulenbreite zu einer fehlerhaften Abbildung (feiner Saum, verdickte, unscharfe Strukturen) der Echodichte einer Struktur. [7] [8] [11] [19]

1.3 FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma)

Die Diagnose einer abdominellen Verletzung mit freier intraabdomineller Flüssigkeitsansammlung kann häufig am Unfallort selbst nicht definitiv gestellt werden. Durch die klinische Untersuchung können zwar Hinweise wie z.B. Prellmarken, Hämatome, Abschürfungen, Unfallhergang, Schmerzen, Abwehrspannung, auf eine abdominelle Verletzung gefunden werden, jedoch kann eine abdominelle Verletzung mit intraperitonealer Flüssigkeitsansammlung allein durch die klinischen Symptome nicht ausgeschlossen werden. Deshalb zählt die FAST als „NotfallsOberbauchsonographie“ zu den ersten orientierenden Untersuchungen im Schockraum bei polytraumatisierten Patienten.

In erster Linie dient sie dem Ausschluss bzw. dem Nachweis intraabdomineller freier Flüssigkeit. Es können jedoch auch Verletzungen der parenchymatösen Oberbauchorgane erkannt werden, dies ist jedoch nicht die erstrangige Aufgabe und auch nicht bei jeder Verletzung (kleine, nichteinsehbare Verletzungen) möglich. Je nach Ausmaß und Schwere der Verletzung, Erfahrung des Untersuchers und möglicher Untersuchungszeit, können Parenchymverletzungen oder Organanomalien jedoch trotzdem erkannt werden. Der erste und wichtigste Blick gilt jedoch der freien intraabdominellen Flüssigkeit. [13] [16] [19]

1.3.1 Grundlagen der FAST

Die abdominelle FAST-Ultraschalluntersuchung kann bei jedem polytraumatisierten Patienten durchgeführt werden, da sie schnell, mobil verfügbar, nicht strahlenbelastend und nicht-invasiv ist und ohne Kontrastmittelapplikation durchgeführt werden kann.

Das Ziel der FAST Ultraschalluntersuchung ist es, freie intraabdominelle Flüssigkeit, in den meisten Fällen entspricht die Flüssigkeit Blut, nachzuweisen. Da Flüssigkeiten (Blut) echoarm sind, werden sie im Ultraschallbild schwarz bzw. dunkel dargestellt. Die freie Flüssigkeit sammelt sich in den tiefsten Punkten der anatomisch vorgeformten Räume [Morrison-Pouch (Recessus hepatosplenicus oder subhepaticus), Koller-Pouch (Recessus splenorenalis), Cavum Douglas (Excavatio rectouterina bei der Frau bzw. die Excavatio

rectovesicalis beim Mann), Perikard] an. Diese Räume werden durch die vier Standardschnittebenen diagnostisch abgedeckt. [16] [19] [21] [22] [25]

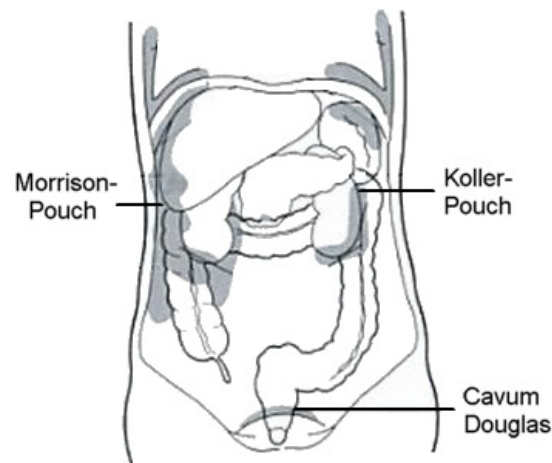


Abbildung 2: Anatomische Räume die eine Flüssigkeitsansammlung zulassen [25]

Um die FAST durchführen zu können wird ein adäquates Ultraschallgerät und Ultraschallgel im Schockraum, bzw. ein portables Gerät, das bei Bedarf in den Schockraum verlegt werden kann, benötigt. Das Ultraschallgerät muss folgenden Anforderungen gerecht werden: variable Fokuseinstellung, Unterstützung von linearen (7-10MHz) und „curved-array“ (2,5-5MHz) Schallköpfen, Ausmessfunktion, Möglichkeit zur Datenspeicherung bzw. Möglichkeit Bilder auszudrucken. [26]

Die Lagerung des Patienten spielt bei größeren Flüssigkeitsansammlungen keine wesentliche Rolle. Normalerweise liegt der Patient in Rückenlage am Behandlungstisch. Gerade bei kleineren intrabdominellen Flüssigkeitsmengen kann es jedoch von Vorteil sein, den Patienten umzulagern, z.B. in eine geringe Trendelenburglagerung (5° Grad Neigung), damit sich die gesamte freie Flüssigkeit in einem Hohlraum ansammelt, um somit eine sichere Diagnose stellen zu können. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass während der FAST Untersuchung der Patient vom gesamten Traumateam, somit den unterschiedlichsten Disziplinen, untersucht und therapiert wird. Deshalb sind größere Umlagerungen, um auch kleinste Blutungen zu erkennen, aufgrund des Zeit- und Behandlungsdrucks meistens nicht möglich. [25]

Die geringste erkennbare freie Flüssigkeitsmenge bei polytraumatisierten Patienten liegt bei 100-200mL. Sie hängt jedoch von mehreren Faktoren ab. Eine wichtige Rolle spielen

dabei die Lokalisation der freien Flüssigkeit, die Lagerung des Patienten und die Erfahrung des Untersuchers. Desto größer die Menge an intraperitonealer freier Flüssigkeit, desto höher ist auch die Sensitivität der FAST (bei einer Flüssigkeitsmenge um 700mL liegt die Sensitivität bei >90%). [25] [27] [44] [45]

Des Weiteren ist zu beachten, dass die FAST als Echt-Zeit-Methode nur die aktuelle Situation wiedergibt. Während der Versorgung des polytraumatisierten Patienten kann es noch zu weiteren Flüssigkeitsansammlungen kommen.

Da die FAST Ultraschalluntersuchung in der Regel unter großem Zeitdruck erfolgen muss, ist es ebenso von Vorteil, wenn der Untersucher über genug Erfahrung verfügt um diese Stresssituation schnell und souverän zu meistern. Denn je geübter der Untersucher ist, desto höher ist die Spezifität der Untersuchung. Aus welcher Fachrichtung (Radiologie, Unfallchirurgie, Anästhesie) dabei der Untersucher selbst kommt ist nebensächlich. In den meisten Zentren ist entweder der Untersucher selbst Radiologe oder er wird von einem solchen unterstützt. [16] [19] [23] [27]

	SENSITIVITÄT	SPEZIFITÄT
Von Chirurgen durchgeführte FAST	93,4%	98,7%
Von Radiologen durchgeführte FAST	90,7%	99,2%

Tabelle 5: Chirurgen nach ausgiebigem Training und Radiologen bei der Diagnose von freier Flüssigkeit und Organverletzungen im Vergleich [23]

Einige Faktoren können zu Problemen und Fehlinterpretationen der FAST führen. Ist der Patient adipös oder weist er subcutane Emphyseme ist eine Beurteilung der FAST nur schwer oder gar nicht möglich. Darmschlingen und Artefakte können fälschlicherweise als Flüssigkeitsansammlungen interpretiert werden. Des Weiteren ist zu bedenken, dass die Art der Flüssigkeit (Blut, Ascites, Urin) nicht unterschieden werden kann. Ebenso gibt es Verletzungen die zum Durchführungszeitpunkt der FAST noch zu keinen entdeckbaren Flüssigkeitsansammlungen geführt haben. Um all diese Einschränkungen richtig beurteilen zu können, ist ein erfahrener Untersucher notwendig. [23]

1.3.2 Durchführung der FAST

Die FAST sollte in den ersten 5 Minuten nach Einlieferung des Patienten durchgeführt werden. Die gesamte Untersuchung sollte nicht länger als drei bis fünf Minuten dauern. Dabei dürfen keine anderen therapeutischen Maßnahmen durch die FAST verzögert oder nicht durchgeführt werden. [19] [20] [23]

Die Indikationsstellung der FAST ist breit gefächert, da sie nicht invasiv, nicht strahlenbelastend und schnell durchführbar ist. Bei allen hämodynamisch instabilen sowie stabilen Patienten mit dem Verdacht auf freie intraperitoneale Flüssigkeit oder Oberbauchorganverletzungen, bzw. auch Patienten mit Verdacht auf Hämthorax, wird die FAST bzw. zum Teil auch die EFAST durchgeführt. Der Verdacht auf freie intraperitoneale Flüssigkeit liegt nahe, wenn ein stumpfes Bauchtrauma oder ein penetrierendes Bauchtrauma vorliegen bzw. wenn beim polytraumatisierten Patienten ein Bauchtrauma anamnestisch nicht ausgeschlossen werden kann. [23]

Die FAST besteht aus vier Standardschnittebenen (Morrison-Pouch; Koller-Pouch, Vier-Kammer-Blick und Douglas-Raum). Durch die Beurteilung dieser vier Schnittebenen kann einfach, systematisch und für Kontrolluntersuchungen beliebig oft wiederholbar die Frage nach freier abdomineller Flüssigkeit geklärt werden. [16] [19] [21] [23] [25]

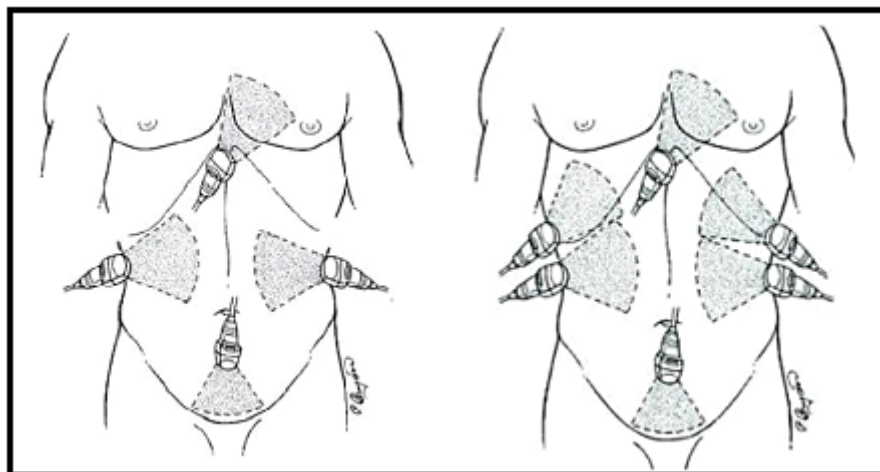


Abbildung 3: Die linke Abbildung zeigt die Standardschnittebenen der FAST, die rechte Abbildung zeigt die erweiterten Schnittebenen der FAST(= EFAST) [16]

Für die Reihenfolge in der die einzelnen Schnittebenen durchgeführt werden, gibt es keine absolute Richtlinie. Es haben sich jedoch zwei Varianten ergeben:

Die erste Variante fängt mit der 1. Schnittebene (rechter Quadrant, Morrison-Grube) an, da die Sensitivität und Spezifität freie Flüssigkeit zu finden hier am größten ist. Andererseits beginnen viele Untersucher routinemäßig an der rechten Patientenseite den Schall.

Bei der zweiten Variante wird mit der 4. Schnittebene (Douglas-Raum) angefangen, da es durch das Legen eines Blasenkatheters zur Dekompression und Entleerung der Blase kommt und dadurch das Schallfenster verschwindet. [25]

Als Erweiterung der FAST gilt die EFAST (extended FAST). Bei dieser Methode werden zusätzlich zu den vier Standardschnittebenen auch noch die Pleuraräume auf freie Flüssigkeit oder Luft (Hämatothorax, Pneumothorax) untersucht. Dazu wird der Schallkopf bei den Einstellungen der 1. und 2. Schnittebene Richtung Thorax gedreht. Es können schon kleinste Mengen Flüssigkeit (20ml) festgestellt werden, die evtl. in der Thoraxröntgenaufnahme nicht definitiv diagnostizierbar sind. Jedoch schließt ein negatives EFAST Ergebnis Flüssigkeitsansammlungen nicht gänzlich aus, besonders bei vorangegangenem stumpfen Thoraxtrauma sollte eine weitere Abklärung stattfinden. [23]
[25]

1.3.3 Standardschnittebenen der FAST

1. Schnittebene: Morrison-Grube/ Rechter oberer Quadrant

Für die erste Schnittebene wird der Schallkopf an der rechten lateralen Thoraxaperatur, längs, auf Höhe des 11. bis 12. Intercostalraums, in der mittleren Axillarlinie angelegt. Es muss darauf geachtet werden Artefaktentstehungen durch die Rippen zu vermeiden. Mit dieser Schnittebene können die homogene, konvexe Struktur der Leber, oben abgegrenzt durch das Zwerchfell, die rechte Niere sowie der Morrison-Pouch (anatomischer Raum zwischen der Leber und der rechten Niere) beurteilt werden. Der Morrison-Pouch kann sich potentiell mit Flüssigkeit (Blut) füllen. Dies imponiert im Ultraschallbild als schwarzer Streifen. [16] [19] [20]



Abbildung 4: Normale Morrison-Grube, L steht für Leber (liver), K steht für Niere (kidney). Der Pfeil zeigt auf die echoreiche Struktur des Zwerchfells. [20]



Abbildung 5: Darstellung der Leber, der Niere und der flüssigkeitsgefüllten Morrison Grube. Der Pfeil weist auf die freie Flüssigkeit hin. [20]

2. Schnittebene: Koller-Pouch/ Linker oberer Quadrant

Diese Schnittebene wird an der linken Thoraxapertur, zwischen dem 10. und 11. Intercostalraum, in der hinteren Axillarlinie, als Längsschnitt eingestellt. Wiederum muss auf die Artefaktbildung durch die Rippen geachtet werden. Mithilfe dieser Schnittebene können das Zwerchfell, die Pleura, die Milz, die linke Niere und der Koller-Pouch beurteilt werden. Als Erweiterung der FAST (EFAST) kann durch tiefe Inspiration des Patienten, bei der sich Lungenteile in den Recessus costodiaphragmaticus verschieben, ein Hämatothorax ausgeschlossen werden. [19] [20]

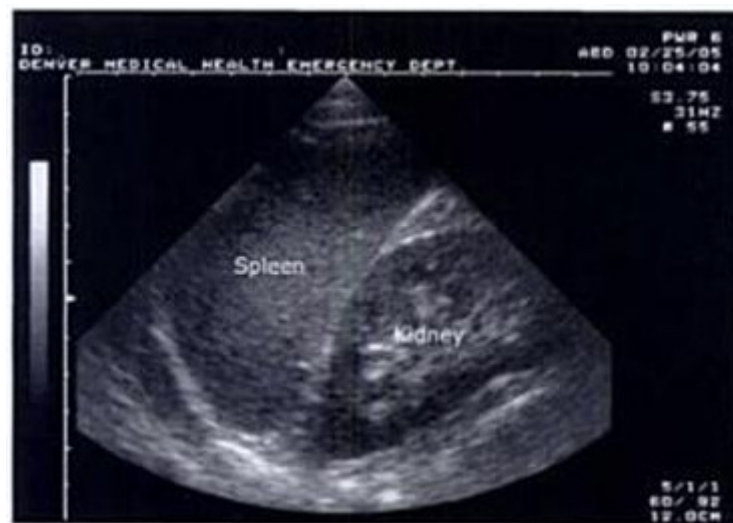


Abbildung 6: Normale Darstellung der Milz und der linken Niere [25]

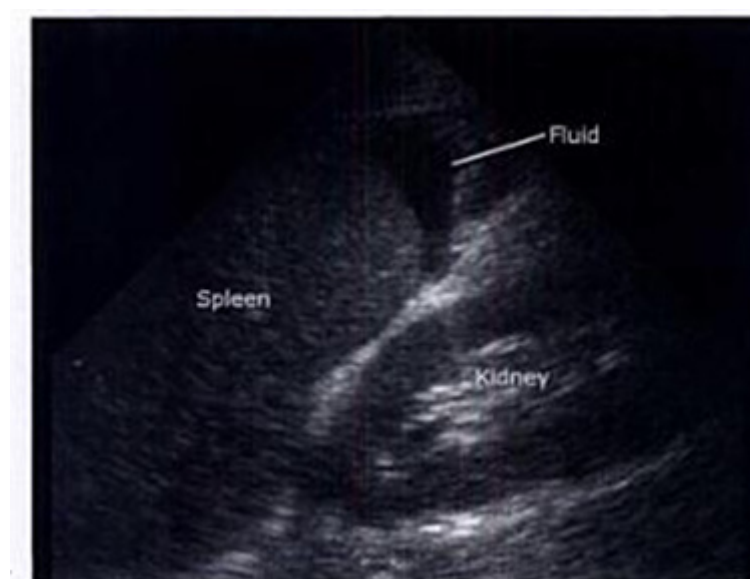


Abbildung 7: Ultraschallbild von Milz (Spleen) und Niere (Kidney) mit einer perisplenischen Flüssigkeitsansammlung (Fluid) [25]

3. Schnittebene: Perikard und 4-Kammerblick

Diese Schnittebene wird durch Anlegen des Schallkopfes links unter dem Xiphoid, nach oben zeigend, Richtung linke Schulter (jedoch unter den Rippen) eingestellt. Dadurch wird das Herz im 4-Kammerblick dargestellt. Das Herz kann grob im Überblick beurteilt werden. Ebenso ist es möglich eine Perikardtampnade zu erkennen. [19] [20]



Abbildung 8: Normaler 4-Kammerblick, L steht für die Leber [20]

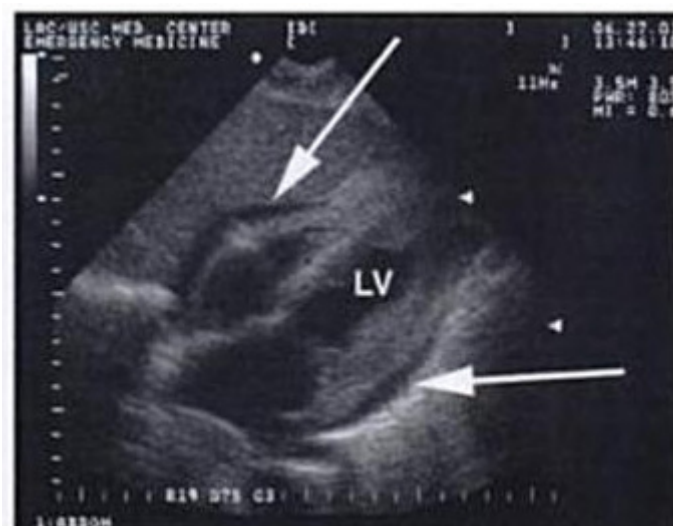


Abbildung 9: Die Pfeile zeigen auf einen deutlichen Perikarderguss. LV steht für linker Ventrikel. [20]

4. Schnittebene: Douglas-Raum

Bei der Darstellung dieser Schnittebene wird der Schallkopf mittig, oberhalb der Symphyse, sowohl im transversalen als auch im longitudinalen Schnitt, angelegt. Idealerweise ist bei dieser Schnittführung die Blase gefüllt, da sie als Schallfenster dient. Diese Schnittebene dient zur Darstellung des Douglas-Raums (bei Frauen) bzw. des Spatium rectovesicalis (bei Männern), in dem sich, als „tiefster“ Punkt der Abdominalhöhle, Flüssigkeit ansammeln kann. [19] [20] [25] [26]



Abbildung 10: Normales suprapubisches Ultraschallbild, die volle Blase erscheint echoarm. [20]



Abbildung 11: Suprapubisches Ultraschallbild, der Pfeil zeigt auf die freie Flüssigkeit die hinter der gefüllten Blase zu erkennen ist. [20]

1.3.4 Beurteilung und Algorithmus nach Diagnose der FAST

Die FAST dient in erster Linie zur Beurteilung der Fragestellung ob freie intraperitoneale Flüssigkeit vorhanden ist oder nicht. Ist freie intraperitoneale Flüssigkeit zu finden, gilt die FAST als positiv (auf freie Flüssigkeit), ist keine freie intraperitoneale Flüssigkeit zu finden, gilt die FAST als negativ (auf freie Flüssigkeit).

Die genaue Menge der gefundenen freien Flüssigkeit spielt im Großen und Ganzen bei der Beurteilung von positiv oder negativ kaum eine Rolle (massive Blutungen erfordern selbstverständlich rasche Abklärung und Intervention). Es werden zwar Scoringsysteme für die Mengenbestimmung in der Literatur beschrieben (nach Huang et al., McKenney et al.) [23] jedoch spielt die genaue Menge der freien intraperitonealen Flüssigkeit keine Rolle, da die Einblutungen dynamische Prozesse sind und sich im Laufe der Versorgung noch verändern. Bei geringer freier intraperitonealer Flüssigkeitsmenge beim stabilen Patienten sollte jedoch beachtet werden, dass es durch weitere Einblutungen rasch zu einer hämodynamischen Instabilität kommen kann. [23]

Wenn Organverletzungen festgestellt werden können, erleichtert dies die weiteren therapeutischen Interventionen, dies ist jedoch nicht primäres Ziel der FAST. Die Sensitivität der FAST für die Diagnose von parenchymatösen Oberbauchorganverletzungen liegt bei nur 30%. Der Darm und das Pankreas können mit der FAST nicht beurteilt werden. [27] In vielen Fällen können auch Zufallsbefunde, wie zystische Veränderungen festgestellt werden. Diese sind für die Akutsituation jedoch nicht von Bedeutung.

Für die Beurteilung der FAST und die anschließende therapeutische Entscheidungsfindung gibt es, abhängig vom hämodynamischen Zustand des Patienten und dem Ergebnis der FAST, vier Varianten:

- Ist die FAST negativ und der Patient hämodynamisch stabil, wird er überwacht und die notwendigen anderen Abklärungen und Therapien können durchgeführt werden. Da eine negative FAST Organverletzungen (kleine Lacerationen, Kapsleinrisse) nicht ausschließt, muss der Patient je nach Traumahergang und Begleitverletzungen weiteren Abklärungen (Polytrauma-CT; Kontroll-US) zugeführt und beobachtet werden.

- Wenn die FAST negativ ist, der Patient aber hämodynamisch instabil ist, erfolgt die weitere Abklärung und Versorgung nach Rücksprache mit den zuständigen Chirurgen. In erster Linie muss die Ursache für die hämodynamische Instabilität gefunden und therapiert werden. Dabei sollte die Diagnostik andere Ursachen, wie retroperitoneale Blutungen durch Beckenfrakturen oder den neurogenen Schock, berücksichtigen.
- Wenn eine positive FAST Untersuchung vorliegt und der Patient hämodynamisch stabil ist, erfolgt die weitere Abklärung mittels Polytrauma-CT. Dadurch kann festgestellt werden welche Art von Organläsion vorliegt und wie diese zu versorgen ist (operativ, nicht-operativ).
- Ist die FAST positiv und der Patient hämodynamisch instabil, kommt es primär zur chirurgischen Versorgung im Operationssaal. Denn durch die positive FAST liegt die Annahme nahe, dass eine Blutung vorhanden ist, die wiederum durch eine Organverletzung entstanden ist. Größere Mengen freier Flüssigkeit und instabiler Vitalzeichen ziehen in der Regel eine Notfallslaparotomie nach sich.

Kann die FAST aufgrund von schlechten Untersuchungsbedingungen (adipöser Patient, vorgelagerte Darmschlingen, Meteorismus, etc.) nicht beurteilt werden, muss auf andere diagnostische Möglichkeiten (Polytrauma-CT) zurückgegriffen werden. [25] [26]

POSITIVE FAST		NEGATIVE FAST	
Stabil	Instabil	Stabil	Instabil
↓	↓	↓	↓
Polytrauma CT	OP Saal	Überwachung	Weitere Abklärung und Versorgung erfolgt in Absprache mit den zuständigen Chirurgen

Tabelle 6: Schematischer Überblick der weiteren Versorgung nach gestellter FAST Diagnose [26]

1.3.5 Studienergebnisse

1970 beschrieb der amerikanische Radiologe Goldberg erstmals die Möglichkeit mittels Ultraschall intraperitoneale Flüssigkeiten zu diagnostizieren. In dieser Studie wurde

Kochsalzlösung in Leichen eingebracht. Mittels Ultraschall konnten sogar kleine Flüssigkeitsansammlungen von 100ml diagnostiziert werden. Zur klinischen Anwendung dieser Entdeckung kam es jedoch erst in den 80er Jahren. Kohlberg und Kollegen führten eine Studie zum Vergleich zwischen Ultraschalluntersuchungen und Diagnostischer Peritoneallavage (DPL) an mehr als 2000 Patienten durch. 1993 und 1995 belegten Rozycki und Kollegen in einer zweiteiligen Studie, dass auch Chirurgen mit dem nötigen Training die FAST adäquat durchführen können. [23]

In mehreren Studien wurde für die Diagnostik von freier abdomineller Flüssigkeit, in einer der vier Standardschnittebenen, nach einem stumpfen Bauchtrauma, durch die FAST, eine Sensitivität von 73–92% und eine Spezifität von 95-100% ermittelt. [24, 28-33]

AUTOREN	JAHR	PATIENTENZAHL	SENSITIVITÄT	SPEZIFITÄT
Rozycki et al. [28]	1993	476	79%	95,6%
Glaser et al. [29]	1994	1151	99%	98%
Ma et al. [30]	1995	245	90%	99%
Rozycki et al. [31]	1995	371	81,5%	99,7%
McKenney et al.[32]	1996	1000	88%	99%
Dolich et al. [33]	2001	2576	86%	98%

Tabelle 7: Studienergebnisse bezüglich der Sensitivität und der Spezifität der FAST [24]

Heutzutage hat sich die FAST gegenüber der DPL durchgesetzt und ist die Methode der Wahl zur Feststellung von freier intraperitonealer Flüssigkeit bei polytraumatisierten Patienten. Ein Grund dafür liegt in der hohen Sensitivität und Spezifität der FAST. [22] [23] [24]

Aufgrund der Vorteile der FAST und der verbreiteten Anwendung wurden noch zahlreiche weitere Studien durchgeführt. In diesen Studien wurden die unterschiedlichsten Aspekte wie z.B. die minimal beurteilbare Flüssigkeitsmenge, die Sensitivität und Spezifität bei unterschiedlichen Verletzungen (stumpfe oder penetrierende Traumen, Thorax- oder Abdominaltraumen), Erlernbarkeit der Methode, Anwendung im präklinischen Bereich, der FAST untersucht. [23] . Diese Ergebnisse wurden zum allgemeinen Verständnis in den entsprechenden Punkten dieser Arbeit kurz behandelt.

1.4 Computertomographie

In den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts konnten Hounsfield und Cormack die Idee, Objekte von Röntgenstrahlen aus vielen Projektionsrichtungen durchstrahlen zu lassen und dann per Computer auszuwerten, um einzelne überlagerungsfreie Schichten rekonstruieren zu können, verwirklichen. Sie entwickelten die ersten Scanner und die mathematischen Grundlagen zur Auswertung der Bilder. 1979 erhielten sie für ihre bahnbrechenden Forschungen den Nobelpreis für Medizin.

Die Computertomographie (CT) ist ein modernes Röntgenschnittbildverfahren, das auf folgendem Prinzip basiert: Aus einer rotierenden Röntgenröhre passiert ein dünner, fächerförmiger Röntgenstrahl den zu untersuchenden Körper und wird dabei durch die jeweiligen Organe unterschiedlich geschwächt. Ein Detektor misst die Abschwächung der Röntgenstrahlen. Die Röntgenröhre und der Detektor befinden sich in der sogenannten „Gantry“. Diese rotiert um den Patienten, während dieser mit dem Untersuchungstisch durch diese durchgeschoben wird. Aus dem so gewonnenen Datensatz der Schwächungskoeffizienten werden, durch den Computer, verschiedene Absorptionswerte errechnet. Diesen Werten können dann Graustufen zugeordnet und diese einzelnen Bildpunkte können zu einem Schnittbild zusammengefügt werden. [9] [11] [36] [37]

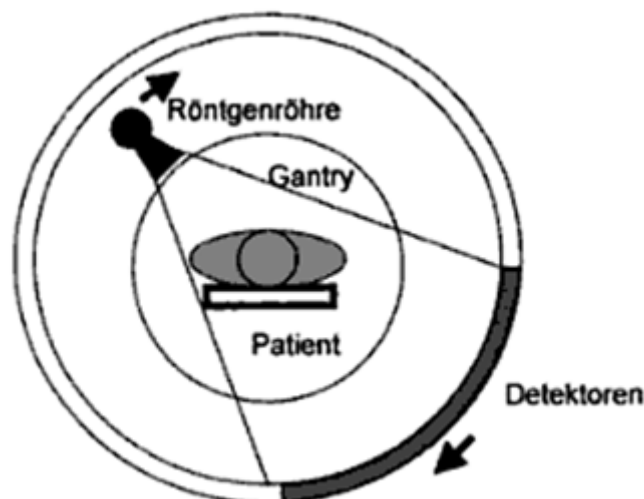


Abbildung 12: Funktionsprinzip der CT [38]

1.4.1 Technische Grundlagen der Computertomographie

1.4.1.1 Aufbau eines Computertomographen

Ein CT-Gerät besteht aus der Gantry (die Abtasteinheit), dem Patientenlagerungstisch, einem Bedienpult und einem Computer der die Daten verarbeitet und dadurch die Bilder rekonstruiert.

Die Gantry enthält die Röntgenröhre, Detektoren, Bleiblenen und Bauteile für die Bewegung und Funktion der Abtasteinheit. Die enthaltene Röntgenröhre arbeitet in einem Spannungsbereich von 80-140 kV. Abkühlpausen sind bei den heutigen Geräten nicht mehr notwendig. Je nach Gerätetyp werden unterschiedliche Detektoren, Szintillations- oder Gasdetektoren (Xenon), verwendet. Sie messen die Intensitätsunterschiede der Röntgenstrahlen, nachdem diese den Patienten passiert haben und wandeln diese Unterschiede in elektrische Signale um. Diese werden digitalisiert und für die Bildrekonstruktion herangezogen. Die Detektoren sind in einer Bank von meist > 1000 Detektorzellen nebeneinander angeordnet. 1998 kam es zur Entwicklung von Mehrzeilencomputertomographen, mit unterschiedlich vielen Detektorreihen (4, 16, 64, 128, 320). Durch diese Anordnung kann während einer Röhrenumdrehung, mehr als eine Schicht rekonstruiert werden. Ein Gerät mit 16 Detektorreihen kann, wenn der Röntgenstrahl in einer Sekunde um 360° Grad rotiert, 16 Schichten aufnehmen. Rotiert der Strahl in einer halben Sekunde, können 32 Schichten pro Sekunde gleichzeitig gemacht werden. [11] [12] [35]

1.4.1.2 Spiral-CT

Bei der **Spiral-CT** ist ein Schleifringssystem für die Spannungszuführung entwickelt worden. Dieses Schleifringssystem ermöglicht eine Dauerrotation der Röhre. Während sich der Patiententisch kontinuierlich nach vorne (in der Körperlängsachse) bewegt, kreist die Röntgenröhre um den Patienten. Dabei können nun kontinuierlich spiralförmige Messdaten bzw. ein Volumendatensatz erhoben werden. Mit Hilfe dieses Volumendatensatzes und mathematischer Algorithmen kann der Computer nun Schichten in beliebiger Dicke und in beliebigem Abstand voneinander berechnen. Aus dem Volumendatensatz kann auch ein

lückenloses dreidimensionales Bild gewonnen werden. Dies bildet die Grundlage für dreidimensionale Bildrekonstruktionen (z.B. des Skelettsystems oder des Gefäßsystems).

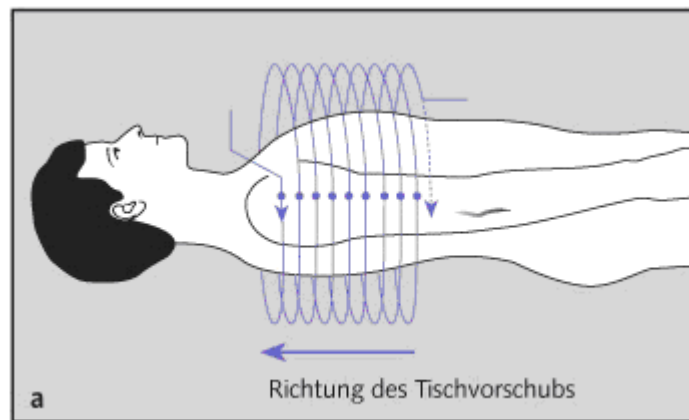


Abbildung 13: Schematische Abbildung der Funktionsweise der Spiral-CT [11]

Vor der Untersuchung können die Schichtkollimation (primäre Einblendung des Röhrenstrahls zwischen 0,5 und 10 mm), sowie der Tischvorschub eingestellt werden.

Nach der Untersuchung wird aus dem Volumendatensatz eine frei wählbare „sekundäre“ bzw. „virtuelle“ Schichtdicke errechnet. Der Pitch-Faktor bezeichnet das Verhältnis zwischen primärer Schichtdicke und Tischvorschub pro Röhrenumdrehung. Idealerweise liegt der Pitch-Faktor zwischen 1,5 und 2, da bei einem Wert über 2 die Ortsauflösung sinkt. Durch einen Pitch-Faktor unter 1 kommt es zu einer überlappenden Abtastung und somit zu einer höheren Strahlenbelastung, dies sollte wegen der erhöhten Strahlenbelastung, wenn möglich, vermieden werden. Eine überlappende Rekonstruktion ist allerdings sinnvoll um Strukturen die eine hohe Ortsauflösung benötigen, wie z.B. in der CT-Angiographie oder eine Felsenbeindarstellung, adäquat abzubilden. Diese Untersuchungstechnik mit dünneren Schichten und erhöhter Dosis wird High-Resolution-CT genannt. [11] [12]

VORTEILE DER SPIRAL-CT
<ul style="list-style-type: none"> • Kurze Untersuchungszeit
<ul style="list-style-type: none"> • Lückenlose Erfassung von Volumendatensätzen in einer Atempause. Es entstehen keine Zwischenräume durch die unterschiedlichen Atemexkursionen wie im konventionellen CT
<ul style="list-style-type: none"> • Rekonstruktion überlappender Schichten ist möglich. Dadurch kommt es zu einer Reduzierung von Partialvolumeneffekten
<ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeit zur dreidimensionalen Bildrekonstruktion
<ul style="list-style-type: none"> • Eine bessere Ausnutzung des Kontrastmittelbolus bei Mehrphasenuntersuchungen (z.B. Leberuntersuchungen, Angiographie) ist möglich

Tabelle 8: Vorteile der Spiral CT [11]

1.4.2 Bildakquisition

Die Röntgenstrahlenintensität wird beim Passieren eines Materials (Körpers) je nach Dichte und Beschaffenheit der Schicht unterschiedlich geschwächt. Für jeden Punkt zwischen der Röntgenröhre und dem Detektor kann so ein Schwächungskoeffizient angegeben werden. Dieser Schwächungskoeffizient wird in digitale Zahlenwerte umgerechnet und als Graustufe wiedergegeben. Dadurch ergibt sich das CT-Bild.

Die Anzahl der errechneten Bildpunkte (Bildmatrix) hängt von der Anzahl der Einzelmessungen ab. Sie bestimmt die Auflösung. Aktuelle CT-Geräte besitzen eine Auflösung von 1024x1024. Die kleinste Einheit eines CT-Bildes ist der Bildpunkt (Pixel), er repräsentiert eine Querschnittsfläche. Wird jedoch die Schichtdicke berücksichtigt, repräsentiert ein solcher Bildpunkt nicht mehr eine zweidimensionale Querschnittsfläche, sondern ein dreidimensionales Volumenelement (Voxel). Für jedes Volumenelement (Voxel) wird ein Intensitätswert errechnet. Dieser ergibt sich aus dem Schwächungskoeffizienten μ in diesem Voxel gegenüber der verwendeten Röntgenstrahlung. Jedem errechneten Schwächungskoeffizienten wird nun eine Hounsfield-Einheit (HE) zugeordnet. Sie ist ein Maß für die Dichte und entspricht einem relativen Schwächungskoeffizienten. Die Fixpunkte der Hounsfield-Skala sind Wasser (0 HE), Luft (-1000 HE) und kompakter Knochen (+2000 HE). Alle anderen

Schwächungskoeffizienten werden in diese Skala eingeordnet. Über 3000 verschiedene Dichtewerte können so unterschieden werden. [11] [12] [38]

GEWEBE	HOUNDSFIELD-EINHEIT (HE)
Lunge	-500
Fett	-100-0
Wasser	0
Leber (nativ)	40-60
FrISCHE Blutung	70-90
Knochen-Kompakta	> 1000

Tabelle 9: Typische Dichtewerte verschiedener Gewebe in Hounsfield-Einheiten [12]

Diese Dichtewerte werden wiederum als Graustufen im CT-Bild dargestellt. Da das menschliche Auge nur 20 Graustufen unterscheiden kann, muss sich der Untersucher einer entsprechenden Technik, der sogenannten „Fenster-technik“ bedienen. Dabei wird ein Intensitätsbereich (Fenster), der die zu beurteilenden Organstrukturen enthält, eingestellt. Dichtewerte ober- oder unterhalb dieses Fensterbereiches werden einheitlich als schwarz oder weiß dargestellt.

Gewebe die mit der Bezugsgröße (z.B. Wasser) übereinstimmen werden als isodens, solche die höhere Dichtewerte haben als hyperdens und solche die niedrigere Dichtewerte haben als hypodens, bezeichnet. [11] [12]

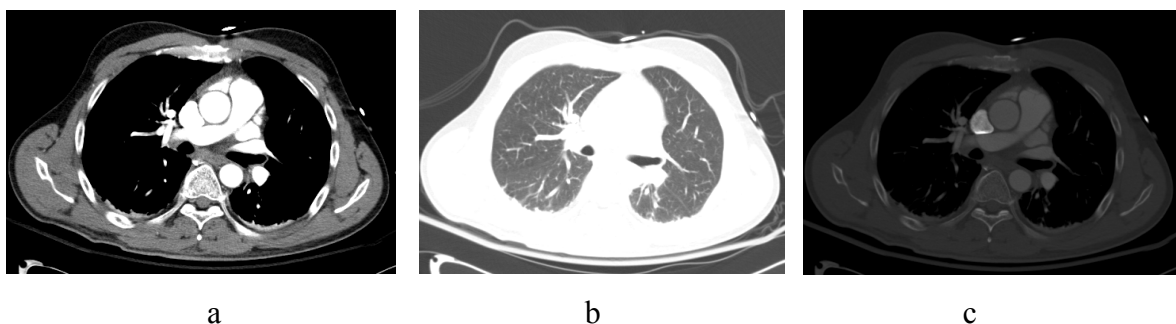


Abbildung 14: Darstellung der verschiedenen Fenster. Thoraxaufnahme auf Höhe des Aortenbogens. (a) Weichteilfenster, (b) Lungenfenster, (c) Knochenfenster

Durch Kontrastmittelgabe können Arterien, parenchymatöse Organe und Venen besser beurteilt werden. Sie füllen sich nach und nach mit Kontrastmittel an, je nach

Herzzeitvolumen und Gefäßwiderstand. Dabei ist es wichtig, dass der Zeitpunkt der CT-Aufnahme in Bezug auf die Kontrastmittelgabe passend gewählt wird, um alle relevanten Strukturen entsprechend abbilden zu können. Durch das sogenannte „Bolus tracking“ wird an einer bestimmten Gefäßstruktur (z.B. der Aorta ascendens) die Kontrastmittelanreicherung bestimmt und bei Übersteigen eines, je nach Untersuchungsprotokoll festgelegten, Schwellwertes der Kontrastmittelkonzentration wird manuell oder automatisch mit dem CT-Scan begonnen. [11]

1.4.3 Strahlenbelastung

1.4.3.1 Auswirkungen ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper

Der menschliche Organismus ist radioaktiver Strahlung aus den unterschiedlichsten Quellen ausgesetzt. Er kann die Strahlung durch Inhalation (von Radongasen in Häusern und Bädern), Ingestion (natürlich oder verstrahlte Nahrungsmittel nach Reaktorunfällen), und durch externe Exposition (kosmische Strahlung, medizinische Anwendungen, Reaktorunfälle) aufnehmen. In welchen Organsystemen sich die radioaktiven Substanzen verteilen hängt von ihrer speziellen Organaffinität ab (z.B. Iod reichert sich in der Schilddrüse ab, Strontium im Knochen, etc.). Die durchschnittliche Strahlenexposition der Bürger Deutschlands beträgt etwa 4,5 mSv pro Jahr. Davon stammen 53% aus natürlichen und 47% aus künstlichen Strahlenexpositionen. Rund 2 mSv, ca. 44% der Strahlenexposition, kommen durch medizinische Anwendungen zustande. Die folgende Tabelle gibt eine kurze Übersicht über die Zusammensetzung der Strahlungsbelastung. [11]

MITTLERE EFFEKTIVE DOSIS	CA. 4,5	MSV
Natürliche Strahlenexposition: 60%		
Kosmische Strahlung	0,3	mSv
Terrestrische Strahlung	0,5	mSv
Aufenthalt in Häusern (Radoninhalation aus Grundwasser)	1,3	mSv
Körpereigene Strahlung	0,3	mSv
	Summe ca. 2,4	mSv
Künstliche Strahlenexposition: 40%		
Medizin	ca. 2,0	mSv
Forschung/Technik	<0,02	mSv
Fallout	<0,01	mSv
Kerntechnische Anlagen	<0,01	mSv
Beruf	<0,01	mSv
Unfall Tschernobyl	ca. 0,04	mSv
	Summe ca. 2,1	mSv

Tabelle 10: Mittlere Strahlenexposition der deutschen Bevölkerung pro Jahr [11]

Bei der Einwirkung von Strahlung auf den menschlichen Körper werden zwei unterschiedliche Prozesse unterschieden: der stochastische und der deterministische Strahleneinwirkungsprozess.

Für **stochastische Strahlenschäden** gilt, dass sie nach dem Zufallsprinzip geschehen. Entweder es kommt zu einer Schädigung oder nicht. Diese Art von Strahlenschäden ist nicht dosisabhängig, jedoch nimmt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten stochastischer Strahlenschäden mit Zunahme der Dosis auch zu. Genetische Defekte sowie genetische Veränderungen und die Kanzerogenese beruhen auf diesem Prinzip.

Hingegen treten **deterministische Strahlenschäden** erst nach dem Überschreiten einer bestimmten Schwellendosis auf. Je höher die einwirkende Strahlendosis, desto größer ist der Schaden. Sämtliche akute und chronische Strahlenschäden an Organen und Geweben (mit Ausnahme der Kanzerogenese) und alle teratogenen Fehlbildungen entstehen durch diesen Prozess. [11]

Durch die Strahleneinwirkung kann es zu Mutationen, darunter versteht man irreversible DNA-Veränderungen, kommen. Zwischen der Strahlendosis und der Anzahl der auftretenden Mutationen besteht ein direkter Zusammenhang, dieser wird durch die Mutationsverdoppelungsdosis beschrieben. Sie bezeichnet jene Dosis, die noch einmal so viele Mutationen hervorruft, wie natürlicherweise entstehen. Die Mutationsverdoppelungsdosis wird für Menschen mit 0,6 Gray angegeben. Daraus lässt sich der genetisch unbedenkliche Strahlengrenzwert von 50 mSv pro Person und Jahr errechnen. Im Jahr 2001 wurde dieser Grenzwert der effektiven Dosis der Bevölkerung auf 1 mSv pro Jahr herabgesetzt. Dies bedeutet, dass die aus Strahlenexposition resultierende effektive Dosis eines Menschen pro Jahr 1 mSv nicht übertreten darf. [11] [12] [39] [40]

1.4.3.2 Strahlenbelastung des Einzelnen

In der heutigen Zeit macht der medizinische Bereich einen Großteil der menschlichen Strahlenbelastung aus. Das deutsche Bundesministerium für Strahlenschutz errechnete für das Jahr 2005 eine, durch röntgendiagnostische und nuklearmedizinische Verfahren entstandene effektive Strahlendosis von 1,8 mSv pro Einwohner. Dieses Ergebnis zeigt, dass die effektive Strahlendosis in den letzten Jahren kontinuierlich ansteigt. Der Grund dafür liegt hauptsächlich in der Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit. Obwohl die CT und die Angiographie weniger als 10% der radiologischen Untersuchungen ausmachen, sind sie doch für drei Viertel der kollektiven effektiven Dosis verantwortlich. Die Anzahl der konventionellen Röntgenverfahren (Thorax-, Schädelröntgen, etc.) hat jedoch im Verlauf der letzten Jahre stetig abgenommen. [39] [40]

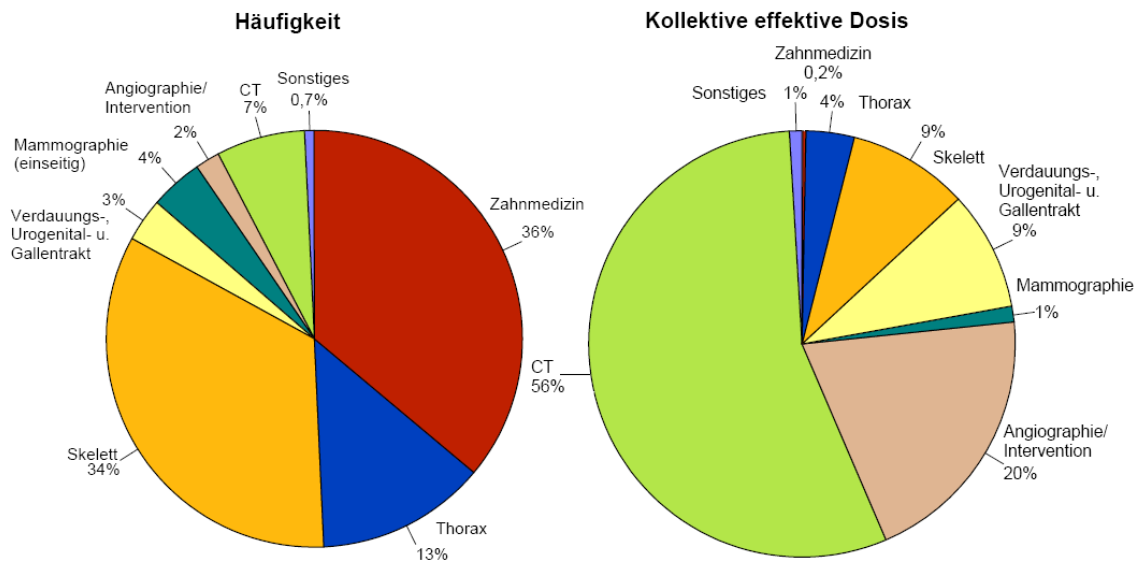


Abbildung 15: Die Häufigkeit der einzelnen radiologischen Untersuchungen wird im linken Diagramm dargestellt, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Strahlendosis im rechten Diagramm [39]

Da für ältere Patienten das Risiko einer strahlenbedingten Krebserkrankung wesentlich geringer ist als für junge Patienten, wurde 2002 vom deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ein diesbezügliches Forschungsprogramm initiiert. Mithilfe dieses Programms wurden altersspezifische Daten für den Krankenhausbereich bearbeitet. Mehr als 60% der Röntgenaufnahmen werden bei Patienten die älter als 60 Jahre sind durchgeführt. Vor allem dosisintensive Untersuchungsverfahren wie die CT, Untersuchungen des Herzens und der Gefäße werden im höheren Alter angewendet. Nur 5% der Röntgenuntersuchungen fallen auf Kindern und Jugendlichen unter 20 Jahren aus. Die häufigsten radiologischen Untersuchungen bei jungen Patienten sind Röntgenaufnahmen des Skelettsystems. [39] [40]

1.4.3.3 Messgrößen der Strahlenbelastung bei der CT

Da die CT auf der Verwendung von Röntgenstrahlen basiert, kommt es zu einer Strahlenbelastung des Patienten. Um diese Strahlenbelastung angeben zu können, gibt es mehrere Möglichkeiten. Zwei Begriffe sind für die Einschätzung der Strahlenbelastung bei CT-Untersuchungen besonders hervorzuheben: der **CTDI** (Computer-Tomographie-Dosis-Index) und die **effektive Strahlendosis**.

Beim **CTDI** handelt es sich um eine CT-spezifische Dosisangabe, die durch das Messen von Plexiglasphantomen zustande kommt. Der CTDI ist abhängig von der Geometrie des CT-Scanners, der Schichtkollimation, der Vorfilterung des Röntgenstrahls, der Spannung der Röntgenröhre, dem Röhrenstrom und der Rotationszeit der Gantry. Die Einheit ist Gy/mAs, jedoch kann die Bezugsgröße je nach Hersteller variieren (Angaben pro mAs, pro 100mAs, pro mAs der Schicht). Es ist eine rein physikalische Meßmethode der Strahlenbelastung und berücksichtigt in keiner Weise die biologische Wirkung der Strahlung. [11] [38]

Um die biologische Wirksamkeit von Strahlung errechnen zu können wird der Wichtungsfaktor benötigt. Dieser gibt die unterschiedliche Strahlensensibilität der einzelnen Organe und Gewebe wieder. Mithilfe des Wichtungsfaktors kann die **effektive Strahlendosis** errechnet werden (ergibt sich aus der Summe der Organdosiswerte der bestrahlten Organe multipliziert mit ihren Gewichtungsfaktoren). Sie entspricht der Gesamtdosis die während der Untersuchung auf sämtliche Organe des Patienten einwirkt. Die effektive Dosis wird in mSv (Milli-Sievert) angegeben. Mit ihrer Hilfe können einzelne Untersuchungen miteinander verglichen werden. [11] [38]

1.4.3.4 Strahlenbelastung der CT

Da die CT ein Schnittbildverfahren ist, werden je nach Bedarf unterschiedlich dicke und unterschiedlich viele Schichten angefertigt. Deshalb kommt es zu einer höheren Strahlenbelastung als z.B. bei einer konventionellen Röntgenaufnahme. Aufgrund der doch nicht unerheblichen Strahlenbelastung, muss die Indikationsstellung der CT kritisch betrachtet werden. Ebenso ist die Wahl der Untersuchungsparameter genauestens zu bedenken: Wird die Dosis halbiert, kommt es zu einer Vervierfachung des Rauschens. Wird die Schichtdicke halbiert, kommt es zu einer Verdoppelung der Dosis bei erhaltener Bildqualität. [12]

UNTERSUCHUNG	STRAHLENBELASTUNG IN MSV
Röntgen Thorax	0,1
Mammographie	0,7
CT Thorax	6-10
CT Abdomen	8-20
CT Schädel	2-4

Tabelle 11: Effektive Dosis verschiedener radiologischer Untersuchungsmethoden (je nach Anzahl und Dicke der einzelnen Schichten können die effektiven Dosen der angegebenen Werte noch variieren) [38] [41]

1.4.4 Einsatz der CT im Polytrauma-Management

Aufgrund des technischen Fortschritts in der Entwicklung der CT-Technologie, gehört die CT neben Röntgen und Sonographie zu den fixen Bestandteilen der Schockraumdiagnostik. Einerseits kann durch die Entwicklung der Spiral-CT die benötigte Untersuchungszeit stark minimiert werden. Innerhalb kürzester Zeit kann eine Ganzkörperbildgebung durchgeführt werden. Normalerweise dauert die Untersuchung selbst (ohne Befundung) 10-15 Minuten. Quellschichten sind bereits während und nach Ablauf der Untersuchung am Monitor selbst beurteilbar, somit können schwere Verletzungen gleich erkannt und therapiert werden. Andererseits bietet die CT, als Schnittbildverfahren, die Möglichkeit, „dünnere“ Schichten mit hoher Auflösung zu errechnen, als auch die Möglichkeit der Kontrastmittelapplikation und somit der Darstellung des Gefäßsystems. Somit bietet sich auch die Möglichkeit der anschließenden 3-D Rekonstruktion (Skelettsystem, Gefäßsystem).

Auf den Algorithmus der Schockraumversorgung und der radiologischen Diagnostik im Schockraum wurde bereits in Kapitel 1.1.4 Versorgungsalgorithmus/ Schockraummanagement näher eingegangen.

1.4.4.1 Untersuchungsprotokoll der Polytrauma-CT

Wird der Patient in einem konventionellen Schockraum behandelt (d.h. direkt im Schockraum ist kein CT-Gerät vorhanden), erfolgt die Primärdiagnostik durch Röntgenaufnahmen (Schädel, HWS, Thorax, Becken und verletzte Extremitäten) und die Sonographie (FAST). Da der Patient erst zum CT-Gerät gebracht werden muss, erfolgt die CT-Untersuchung erst sekundär. Ist direkt im Schockraum ein CT-Gerät vorhanden, kann teilweise auf die Röntgenaufnahmen verzichtet werden und primär eine CT durchgeführt werden. Da im Universitätsklinikum Graz eine räumliche Trennung zwischen Schockraum und CT-Untersuchungsraum besteht, erfolgt die CT immer sekundär. [42]

Die Ganzkörper-Polytrauma-CT beginnt mit der Untersuchung des Schädels und der HWS ohne Kontrastmittel, um intrazerebrale Hämatomate, Kontusionsblutungen, traumatische Subarachnoidalblutungen und HWS Frakturen auszuschließen. Wenn nötig kann die Diagnostik von Gesichtsverletzungen angeschlossen werden. Nun sollten, wenn möglich, die Arme über den Kopf gelagert werden, um Aufhärungsartefakte zu vermeiden. Die Untersuchung schreitet nun nach kaudal, über Thorax, Abdomen und Becken, bis zu den proximalen Oberschenkeln fort. Dabei wird i.v. Kontrastmittel (üblicherweise iodhaltig) appliziert um die Organdurchblutung darzustellen. Die Kontrastmittelgabe soll zeitlich so gewählt werden, dass Hals, Thorax und das obere Abdomen bis zu den Nierenarterien in einer arteriellen Phase dargestellt werden, um arterielle Gefäßverletzungen, Aneurysmen etc., auszuschließen. Da das Kontrastmittel venös appliziert wird (meist in eine Vene am Arm) nimmt es seinen Weg über das venöse Abflusssystem in die Vena Cava und von dort ins rechte Herz. Dann passiert das Kontrastmittel den Lungenkreislauf, danach gelangt es in die Aorta. Von der Aorta aus verteilt sich das Kontrastmittel in die unterschiedlichen Kapillarsysteme, bis es, durch ableitende Venen wieder in die Vena Cava oder das Pfortadersystem der Leber gelangt. Aufgrund dieser Kontrastmittelverteilung sollte das Leberparenchym in der venösen Phase dargestellt werden.

Prinzipiell steht die Frage der Strahlenbelastung bei polytraumatisierten Patienten nicht im Vordergrund, da es sich oftmals um vital gefährdete Patienten handelt. Trotzdem ist eine genaue Abwägung der Untersuchungsindikation, sowie der genauen Untersuchungsparameter (Dosis, Schichtdicke, etc.) notwendig, da es sich im Allgemeinen um ein junges Patientenkollektiv handelt. [42] [43]

1.4.5 Typische Verletzungsmuster polytraumatisierter Patienten

Je nach Unfallart und Unfallmechanismus kann es bei polytraumatisierten Patienten zu den unterschiedlichsten Verletzungsmustern kommen. Diese Verletzungsmuster lassen sich einerseits in Traumen durch stumpfe Gewalteinwirkung (Verletzungen durch Aufprall, Stürze, etc.) und in Traumen durch penetrierende Gewalteinwirkung (Verletzungen durch Schüsse, Stiche, Pfähle, Explosionen, etc.) einteilen. Andererseits können Unfallhergang und Art der Verletzung in Zusammenhang gebracht werden (z.B. typische Verletzung bei Motorradstürzen ist die Pilonfraktur, eine Claviculafraktur tritt typischerweise bei Unfällen angegurteter Autoinsassen auf, etc.). Durch diese Zusammenhänge kann auf den Unfallhergang und evtl. andere vorhandene Verletzungen geschlossen werden. Im Anschluss folgt eine grobe Auflistung der möglichen Verletzungen von polytraumatisierten Patienten anhand der unterschiedlichen Körperregionen. [3] [15]

1.4.5.1 Schädel-Hirn Traumen und Gesichtsschädelverletzungen

Als Schädel-Hirn-Trauma (SHT) werden alle, durch Gewalteinwirkung auf den Kopf, verursachten Hirnfunktionsstörungen, sowohl mit als auch ohne morphologische Schädigung des Gehirns selbst und seiner Hüllen, bezeichnet. Darunter fallen sämtliche Frakturen des Gehirnschädels, Kontusionen, intrakranielle Blutungen, das Hirnödem und Einklemmungssyndrome. In über 40% der Fälle ist die Ursache eines SHTs ein Verkehrsunfall. Ungefähr 20% der SHT resultieren aus Stürzen, Schlägereien und Überfällen. Die Einteilung der Schwere eines SHTs erfolgt nach dem Glasgow Coma Scale. Die Therapiemöglichkeiten des SHTs reichen von der einfachen Beobachtung bei leichten SHT bis zur Aufrechterhaltung der Vitalparameter (Beatmung, venöser Zugang zur Kreislaufstabilisierung, Analgesie, etc.), zur Hirndrucksenkung (Einbringung einer Hirndrucksonde) und der Behebung der Ursache (operative Hämatomausräumung).

Zu den Gesichtsschädelverletzungen zählen sämtliche Weichteilverletzungen und Frakturen des Gesichtsschädels sowie Verletzungen der Zähne. Die Ursache liegt meist in direkter Gewalteinwirkung im Bereich des Gesichtsschädels (Stürze, Rohheitsdelikte, etc.). Bei größeren Verletzungen sollte stets an die Möglichkeit eines begleitenden SHTs gedacht werden, denn die Kraft der Gewalteinwirkung kann bis in die Schädelbasis

weitergeleitet werden. Hauptsächlich von Frakturen betroffen sind Unterkiefer, Kiefergelenk, Oberkiefer, Jochbein und Jochbogen, Orbitaboden sowie Nasen- und Siebbein. Je nach Art und Lokalisation der Frakturen werden diese primär operativ (bei starken Blutungen) oder erst sekundär operativ versorgt. Eine konservative Behandlung ist in einigen Fällen auch möglich.

Die radiologische Diagnostik des SHTs und der Gesichtsschädelverletzungen erfolgt in erster Linie durch die Polytrauma-CT. Bei speziellen Fragestellungen kann eine MRT im weiteren Verlauf sinnvoll sein. [15] [17] [34]



Abbildung 16: 3D-Rekonstruktion einer Kalottenberstungsfraktur, bei einem 36jährigen Patienten nach Schiunfall

1.4.5.2 Wirbelsäulenverletzungen

Ungefähr 55% der Wirbelsäulenverletzungen betreffen die HWS (verursacht durch übermäßige axiale Kompressions- oder Flexionskräfte, z.B. durch Herrausschleudern aus dem Auto, Sprung in zu seichtes Wasser, ...), 15% die BWS und 30% die LWS (verursacht durch die Einwirkung großer Kräfte, z.B. durch Aufprall mit hoher Geschwindigkeit, ...). Verletzungen der HWS stehen häufig in Zusammenhang mit einem SHT (25-45%). Daraus resultieren ossäre und ligamentäre Verletzungen der Wirbelsäule die mit oder ohne neurologische Ausfallssymptomatik (von Parästhesien bis zur kompletten Tetraplegie) auftreten können. Bei polytraumatisierten Patienten erfolgt die radiologische Abklärung von Wirbelsäulenverletzungen durch die Polytrauma-CT (zur

primären Übersicht werden Röntgenbilder angefertigt). Für die weitere Therapieplanung können Zusatzuntersuchungen wie die MRT (Beurteilung des Myelons, etc.) oder eine Angiographie (Läsion der Vertebralarterien) sinnvoll sein. Wichtig ist die Vermeidung von sekundären Schäden (z.B. durch nicht fachgerechte Rettung oder Lagerung des Patienten). Die Therapiemöglichkeiten reichen von einem konservativen Vorgehen (bei stabilen Frakturen, wenn keine neurologischen Ausfälle vorliegen) über primär operative Ansätze (Stabilisierung, Beseitigung spinaler Einengungen) bis zur definitiven chirurgischen Versorgung (offene oder gedeckte Reposition). [3] [15] [17]

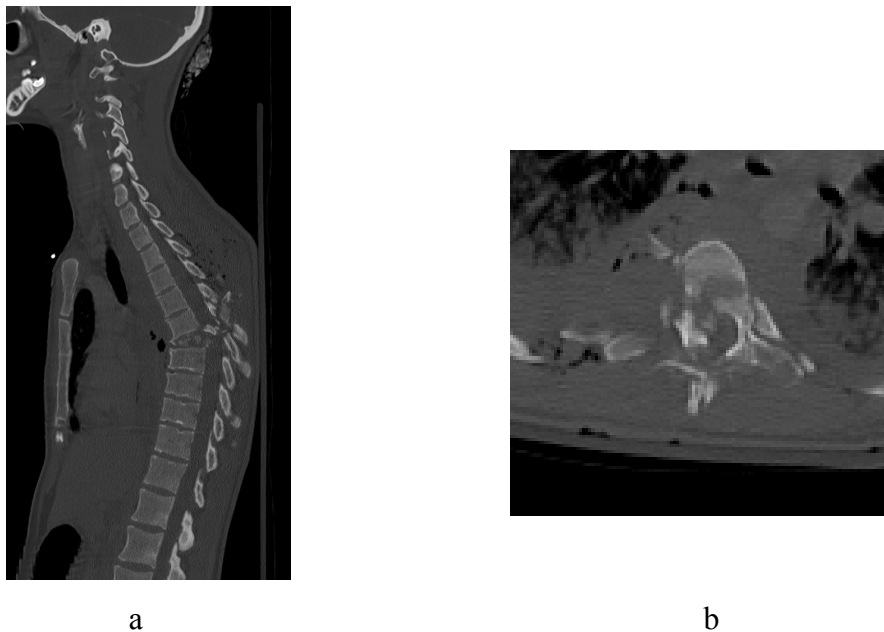


Abbildung 17: Berstungsfraktur des 7. Brustwirbelkörpers mit komplettem Querschnitt, bei einer 24-jährigen Patientin nach einem Verkehrsunfall, (Abbildung a zeigt einen sagittalen Schnitt der Wirbelsäule, Abbildung b einen transversalen Schnitt des Wirbelkörpers)

1.4.5.3 Thoraxverletzungen

Beim Polytrauma kommt es durch massive stumpfe Gewalteinwirkungen (Anpralltraumen, Quetschtraumen, etc.) in über 90% der Fälle zu geschlossenen Verletzungen des Thorax. Penetrierende Verletzungen sind meist durch Stich- oder Schussverletzungen bedingt. Dabei können die knöchernen Strukturen des Thorax (Rippenfrakturen, Rippenserienfrakturen, Sternumfrakturen) oder im Thorax liegende Strukturen (Lungenkontusionen- und Lacerationen, Verletzungen der Trachea und des Bronchialbaums, Zwerchfellrupturen, Verletzungen der großen herznahen Gefäße, Herzkontusionen, Perikardergüsse und offene Herzverletzungen) betreffen. Die

radiologische Primärdiagnostik erfolgt durch eine Thoraxröntgenaufnahme direkt im Schockraum. Ebenso kann eine EFAST-Untersuchung durchgeführt werden, sie bietet auch die Möglichkeit einer groben Beurteilung des Herzens und evtl. der Diagnose eines Hämatothorax. In der weiteren Folge wird der Patient mittels Polytrauma-CT abgeklärt. Die Therapiemöglichkeiten reichen von konservativem Vorgehen (Sicherstellung der Atemwege- und funktion) bei einzelnen Rippenfrakturen bis zu dringlichen Sofortoperationen (Thoraxdrainage, Notfallthorakotomie, sofortige operative Interventionen bei gedeckten Aortenrupturen und offenen Herverletzungen, etc.). [15] [17]

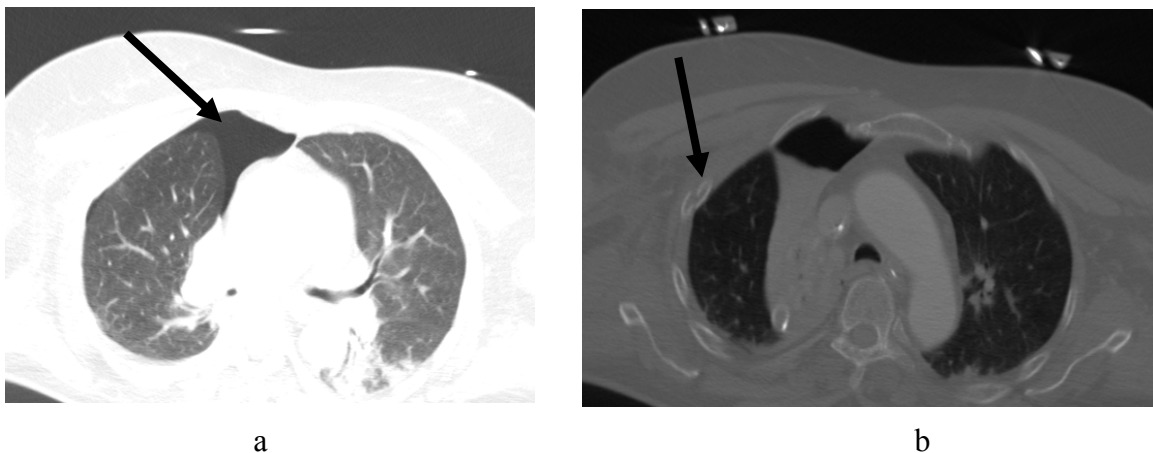


Abbildung 18: 74-jährige Patientin nach Verkehrsunfall, in Abbildung a zeigt der Pfeil auf den Pneumothorax, in Abbildung b auf eine Rippenfraktur

1.4.5.4 Abdominal- und Beckentraumen

Das stumpfe Bauchtrauma ist ca. 8-10 mal häufiger als das penetrierende Bauchtrauma und wird in 80% der Fälle durch Verkehrs- oder Arbeitsunfälle (Einklemmung, Überrolltrauma, Sturz aus großer Höhe,...) verursacht. Dabei kann es durch das Abfangen großer direkter Gewalteinwirkungen zu Rupturen und Berstungen der intraabdominellen Organe kommen. Die am häufigsten verletzten Organe sind die Milz (25%), die Nieren (15%) sowie die Leber (12%). Seltener sind der Magen-Darm-Trakt, die Harnblase und das Pankreas betroffen. Die penetrierenden Bauchtraumata können durch Stich-, Schuss- und Pfählungsverletzungen hervorgerufen werden. In den meisten Fällen beginnt die radiologische Diagnostik mit der FAST, um das Vorhandensein freier Flüssigkeiten auszuschließen. Bei hämodynamisch stabilen Patienten wird anschließend eine Polytrauma-CT durchgeführt, bei hämodynamisch instabilen Patienten wird gleich eine

Laparotomie zur chirurgischen Versorgung durchgeführt. Bei kleinen Lacerationen der parenchymatösen Organe kann auch eine konservative Therapie mit regelmäßigen sonographischen Kontrollen sinnvoll sein. [3] [15] [17]

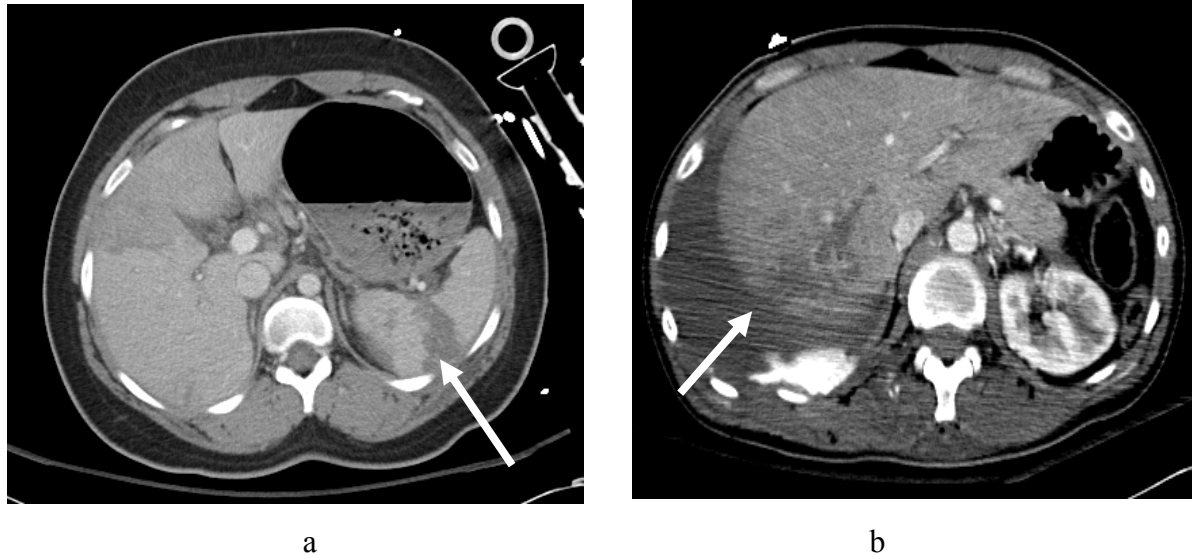
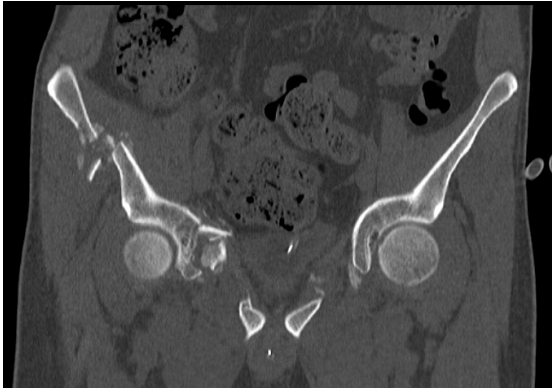


Abbildung 19: Abbildung a zeigt eine Milzlaceration bei einer 23-jährigen Patientin nach Verkehrsunfall, Abbildung b zeigt eine Leberlaceration mit massiver freier Flüssigkeitsansammlung intrabdominell bei einer 34-jährigen Patientin nach Verkehrsunfall

Durch massive Gewalteinwirkungen (Verkehrsunfälle, Überrolltraumen, Stürze aus großer Höhe, etc.) kann es zu Beckenverletzungen kommen. Bei polytraumatisierten Patienten liegt in 25% der Fälle eine Mitverletzung des Beckens vor. Durch komplexe Beckenverletzungen kann es zu massiven Blutverlusten bis zum tödlichen Ausgang kommen. Im Schockraum kann die FAST das Vorhandensein freier Flüssigkeit im kleinen Becken bestätigen und der Verdacht auf Frakturen kann durch eine Beckenübersichtsröntgenaufnahme verifiziert werden. Ist der Patient hämodynamisch instabil, sollte die Beckenfraktur notfallmäßig mittels Beckenzwinge oder Fixateur externe versorgt werden. Hämodynamisch stabile Patienten können mittels Polytrauma-CT weiter abgeklärt werden. Bei einfachen, stabilen Frakturen ist auch ein konservativer Therapieansatz möglich. [15] [17]



a



b

Abbildung 20: Abbildung a zeigt einen CT-Frontalschnitt des Beckens, eines 36-jährigen Patienten nach Verkehrsunfall, mit einer Trümmerfraktur der Ala ossis ili sowie einer Schambeinfraktur, Abbildung b zeigt einen Sagittalschnitt des Beckens, desselben Patienten.

1.4.5.5 Extremitätenverletzungen

Bis zu 85% der Patienten die ein stumpfes Trauma erleiden sind auch von Extremitätenverletzungen betroffen. Für die Therapieplanung spielt es eine entscheidende Rolle, rasch, lebensbedrohliche Extremitätenverletzungen (großer Blutverlust durch Beckenringfrakturen, Frakturen großer Röhrenknochen oder arterielle Verletzungen) von extremitätenbedrohenden Verletzungen (offenen Frakturen, Gefäßverletzungen, traumatische Amputationen, Kompartmentsyndrom) und von weiteren muskuloskelettalen Verletzungen (Frakturen, Weichteilverletzungen, etc.) zu unterscheiden. Die radiologische Diagnostik erfolgt normalerweise durch konventionelle Röntgenaufnahmen je nach Verdachtsdiagnose. Bei komplizierten Brüchen (z.B. Trümmerfrakturen) können CT-Aufnahmen und 3D-Rekonstruktionsbilder für die definitive Versorgung hilfreich sein. Die Therapiemöglichkeiten reichen von einem konservativen Vorgehen über die primäre Versorgung und Stabilisierung (z.B. durch Anlage eines Fixateurs externes, etc.) bis zur definitiven chirurgischen Versorgung (z.B. verschiedene Osteosyntheseverfahren). [15] [17]

2 Material und Methoden

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist die Beurteilung der Genauigkeit der FAST zur Diagnose von freier intraabdomineller Flüssigkeit bei polytraumatisierten Patienten.

Zu diesem Zweck wurden in einer retrospektiven Studie die Daten von 345 polytraumatisierten Patienten des Universitätsklinikums Graz erfasst. Es wurden all jene Patienten eingeschlossen, bei denen im Zeitraum von 01.01.2008 - 24.02.2010 sowohl eine Notfallsonographie nach dem FAST-Schema im Schockraum, als auch anschließend eine Polytrauma-CT Untersuchung am Cardiac-CT-Gerät durchgeführt wurden. Ein weiteres Einschlusskriterium war ein Mindestalter von 18 Jahren. Die Untersuchung und Befundung fanden dabei durch die unterschiedlichen diensthabenden Radiologen statt. Je nach Anforderungen des behandelnden Chirurgen, wurde in einigen Fällen die Polytrauma-CT bezüglich Fragestellungen die Extremitäten betreffend ausgeweitet. Als Goldstandard wurde die Polytrauma-CT definiert.

Die Notfallsonographie nach dem FAST-Schema wurde mit dem Schockraum-Ultraschallgerät, einem Siemens Sonoline G50 Gerät mit einem 5 MHz Sektorschallkopf, realisiert. Zur Beurteilung wurden die Befundtexte verwendet, da nicht in allen Fällen eine Papierfilmdokumentation vorhanden war.

Die Polytrauma-CT wurde am Cardiac-CT Gerät, einem Siemens Somatom Sensation 64 CT-Gerät, durchgeführt. Die Standardeinstellungen sind in der Tabelle angeführt.

Untersuchungsparameter	SG/SGE/HWS	H/Thorax	Abd/Be
Stromstärke	350 mAs	180 mAs	220 mAs
Röhrenspannung	140 kV	120 kV	120kV
Schichtkollimation	20 x 0,6 mm	64 x 0,6 mm	64 x 0,6 mm
Schichtdicke	3 mm	3 mm	5 mm
Pitch	0,8	1,15	0,9
Inkrement	2 mm	2 mm	3 mm
Rotationszeit	1 s	0,5 s	0,5s

Tabelle 12: Standard Untersuchungsparameter der Polytrauma-CT

Es wird keine automatische Strommodulation (Care dose) verwendet. Das Polytrauma-CT-Untersuchungsprotokoll beinhaltet den Scan vom Schädel bis zu den proximalen Oberschenkeln. Hierbei können drei Spiralen unterschieden werden. Die erste Spirale beinhaltet den nativen Scan vom Schädel, dem Gesichtsschädel und der HWS. Die zweite Spirale beinhaltet den Scan von der Schädelbasis bis unter die Nierenarterien mit Kontrastmittelapplikation. Dabei erfolgt die Bolustriggerung in der Aorta mit einer Delayzeit von ~20-30 s. Die gesamte Spirale wird in der arteriellen Kontrastierungsphase dargestellt. Die dritte Spirale beinhaltet den Scan von Abdomen und Becken. Die Delayzeit beträgt ~70-80 s. Es kommt zu einer Darstellung in der Leberparenchymphase.

Es wurden 150ml der jodhaltigen Kontrastmittel Ultravist (Bayer Schering) oder Visipaque (GE Healthcare) mit Jodkonzentrationen von 370mg/ml bzw. 320mg/ml verwendet. Die Kontrastmittelapplikation erfolgte durch eine Druckspritze mit einem Kontrastmittel-Flow von 4ml/s.

Die anschließende Beurteilung der CT-Bilder erfolgte an der Konsole. Dabei wurden Bildrekonstruktionen in allen drei Raumebenen (axial/coronal/sagittal) angefertigt. Je nach Bedarf und Verletzungsmuster erfolgten gesonderte Rekonstruktionen in den entsprechenden Achsen und Kernels.

Die Literaturrecherche hat über die PubMed-Datenbank stattgefunden. Gesucht wurde in englischer Sprache. Die gesuchten Keywords sind: FAST, focussed abdominal sonography for trauma, ultrasound & trauma, ultrasound & blunt abdominal trauma, ultrasound & emergency medicine.

Die statistische Auswertung erfolgt mit SPSS 17. Es wurden deskriptive und explorative Datenanalysen verwendet.

Um eine bessere Lesbarkeit dieser Arbeit zu gewährleisten, werden Kategorisierungen und Erläuterungen bei den einzelnen Ergebnissen erwähnt.

3 Ergebnisse

3.1 Geschlecht- und Altersverteilung

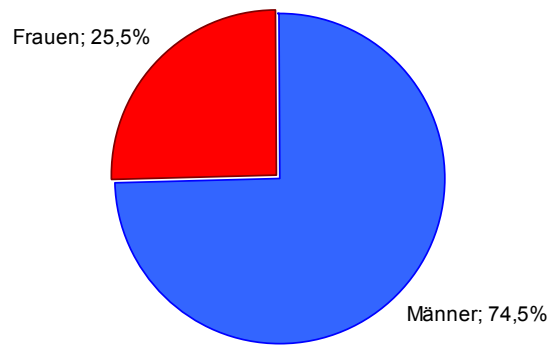


Abbildung 21: Geschlechterverhältnis des polytraumatisierten Patientenkollektivs

Das Patientenkollektiv von 345 polytraumatisierten Patienten umfasst 257 (74,5%) Männer und 88 (25,5%) Frauen.

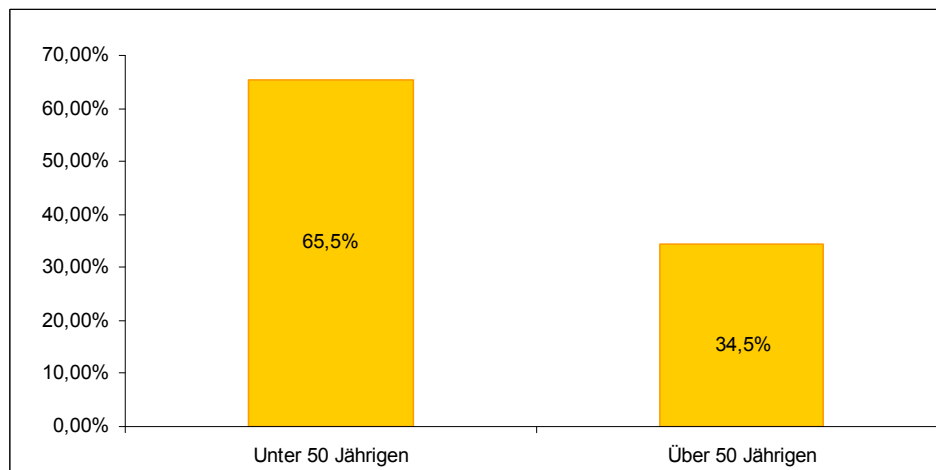


Abbildung 22: Darstellung der Altersverteilung der polytraumatisierten Patienten.

Das Durchschnittsalter des gesamten Patientenkollektivs liegt bei 44,8 Jahren (18-97 Jahre). Von den 345 Patienten sind 226 (65,5%) unter 50 Jahre alt und 119 (34,5%) sind über 50 Jahre alt.

3.2 Unfallart

Im Rahmen der Anamnese wird auch der Unfallhergang ermittelt. Die Art des Unfallgeschehens wird in vier Kategorien eingeteilt:

- **Verkehrsunfälle:** Unfälle mit Beteiligung von Fußgängern, Radfahrern, Moped- oder Motorradfahrern, PKW- und LKW-Lenkern und Insassen
- **Arbeitsunfälle:** Forstunfälle, Stürze von Dächern, Leitern etc., bei der Arbeit, Unfälle durch Maschinen, ...
- **Sport- und Freizeitunfälle:** sämtliche Unfälle bei sportlichen Betätigungen (Schifahren, Paragleiten,...), sowie sämtliche andere Unfälle im privaten Bereich (Stürze, Gartenarbeit,...)
- **Sonstige Unfälle:** alle Unfälle die nicht eindeutig einer der vorangegangenen Kategorien angehören (Suizidversuche, Unfälle unklarer Ursache, ...)

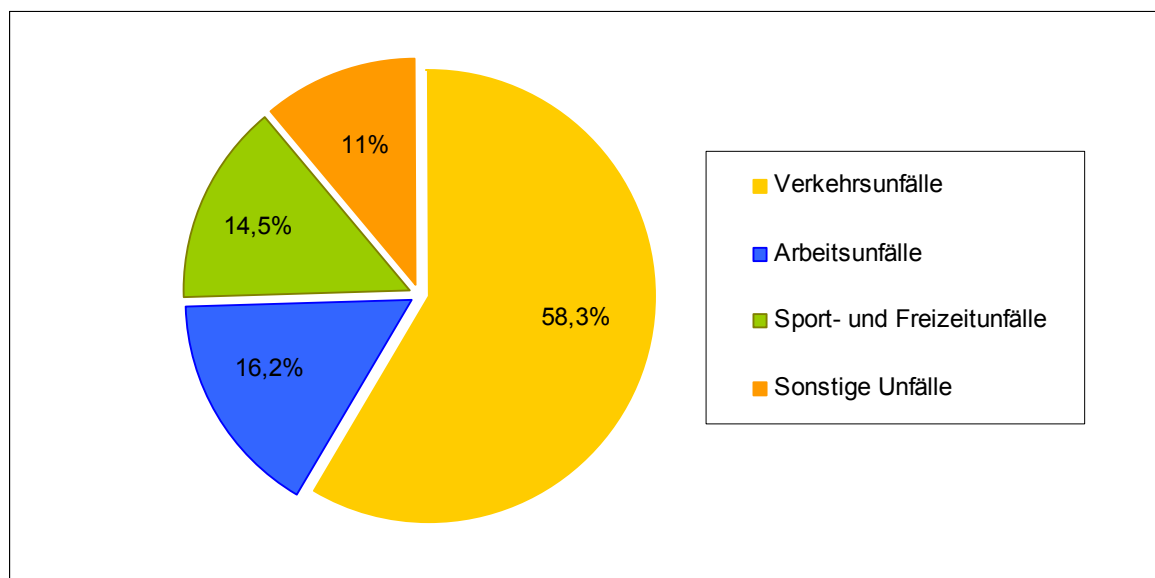


Abbildung 23: Häufigkeiten der einzelnen Unfallsarten der polytraumatisierten Patienten.

Es zeigt sich, dass der Großteil der Patienten bei Verkehrsunfällen (201 Patienten, 58,3%) verletzt wird. Arbeitsunfälle betreffen 56 Patienten (16,2%), Sport- und Freizeitunfälle 50 Patienten (14,5%) und sonstige Unfälle 38 Patienten (11%).

3.3 Glasgow Coma Scale

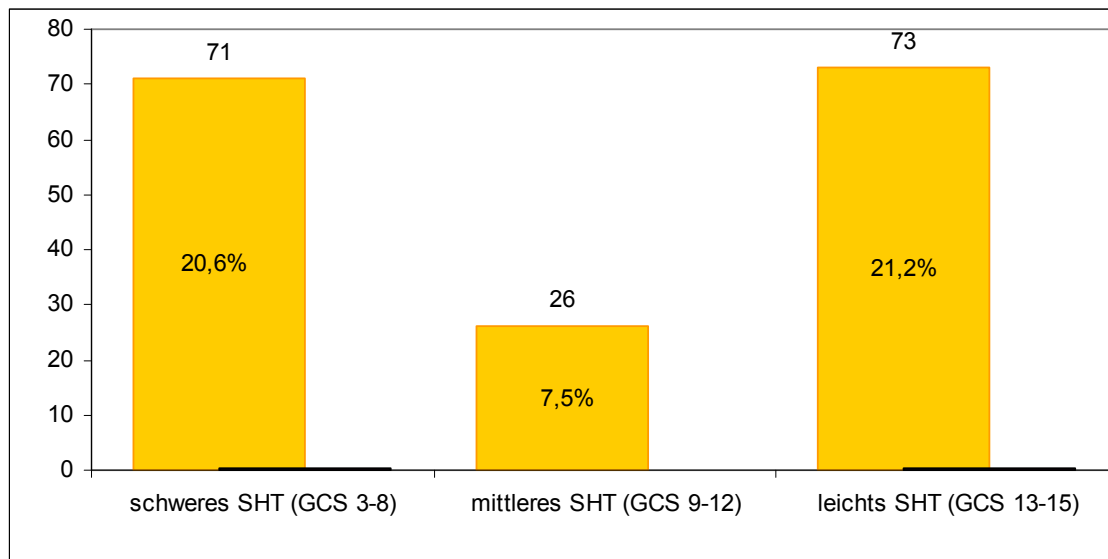


Abbildung 24: Darstellung der Verletzungsgrade beim Schädel-Hirn-Trauma.

Bei 175 (50,7%) der 345 Patienten wurde primär (durch den Notarzt) kein GCS ermittelt, bei 170 (49,3%) Patienten wurde primär der GCS erhoben.

Von diesen 170 Patienten haben 71 Patienten (20,6%) ein schweres SHT (GCS 3-8), 26 Patienten (7,5%) haben ein mittleres SHT (GCS 9-12) und 73 Patienten (21,2%) ein leichtes SHT (GCS 13-15) erlitten.

3.4 Verletzungsmuster

Um die Verletzungsmuster bewerten zu können, werden die einzelnen Verletzungen vier Kategorien zugeteilt:

- **Schädel-Hirn-Verletzungen und Verletzungen der HWS:**

Dazu werden sämtliche Frakturen, Blutungen und Kontusionen gezählt. Nicht dazugezählt werden alleine vorkommende VLCs und Hämatome der Weichteile.

- **Thoraxverletzungen und Verletzungen der BWS:**

Auch dieser Kategorie werden sämtliche Frakturen und Kontusionen zugeordnet. Ebenso Pneumo- und/oder Hämtothoraces, sowie sämtliche Ergüsse (Pleura- oder

Pericardergüsse). Dystelektasen, Atelektasen, orthostatische Minderbelüftungsareale und Emphyse werden nicht berücksichtigt.

- **Abdomen- und Beckenverletzungen und Verletzungen der LWS:**

Dieser Kategorie werden sämtliche Frakturen, Blutungen und Verletzungen von Organen (Kontusionen, Lacerationen) zugeordnet. Muskuläre Hämatome alleine werden nicht berücksichtigt (z.B. Psoashämatom).

- **Verletzungen der Extremitäten:**

Hierzu zählen sämtliche Frakturen und Verletzungen des Muskel-Sehnenapparats (Sehnen- und Muskelverletzungen, Bänderrisse, traumatische Eröffnungen von Bursen,...). Abschürfungen und VLCs zählen nicht dazu.

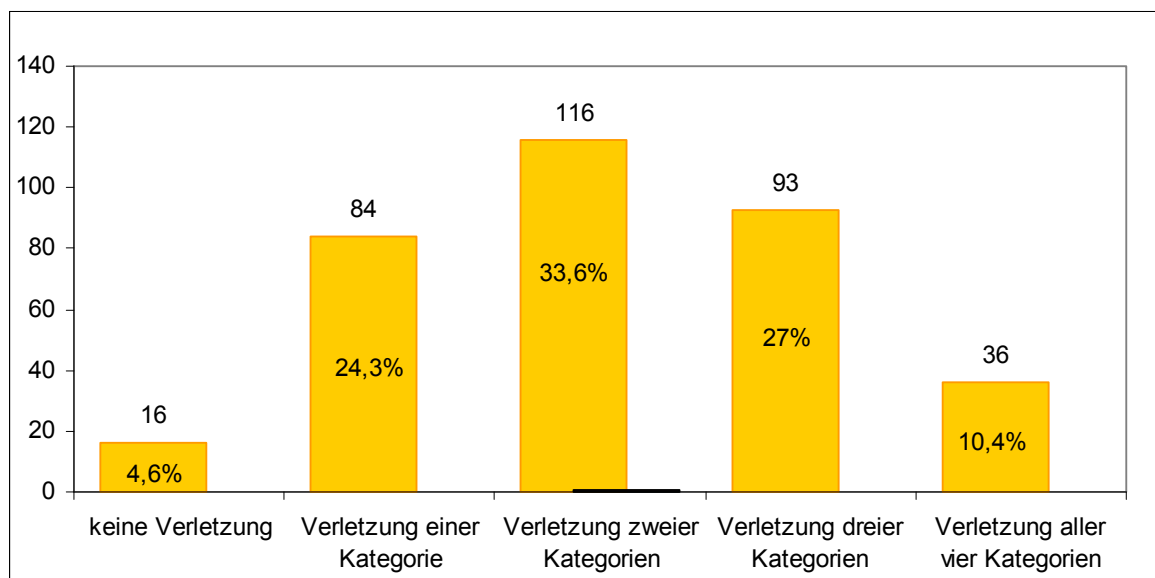


Abbildung 25: Darstellung der Verletzungshäufigkeit.

Am häufigsten kommt es zu Verletzungen zweier Kategorien (116 Patienten, 33,6%), gefolgt von Verletzungen dreier Kategorien (93 Patienten, 27%), Verletzungen einer Kategorie (84 Patienten, 24,3%) und Verletzungen aller vier definierten Kategorien (36 Patienten, 10,4%). 16 Patienten (4,6%) weisen keine radiologisch nachweisbaren Verletzungen auf.

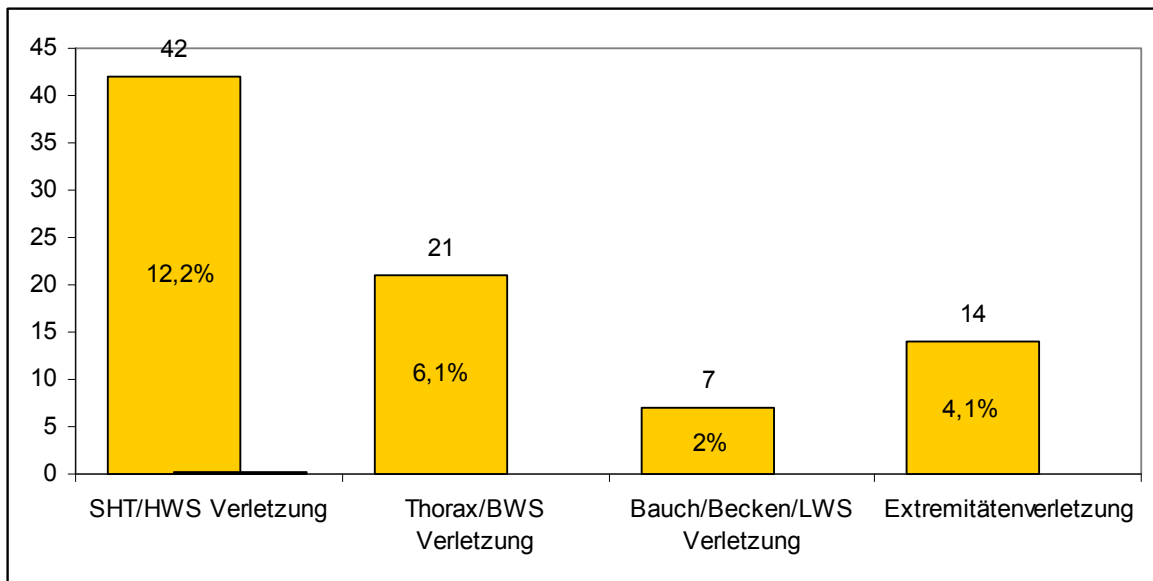


Abbildung 26: Aufschlüsselung der Verletzungsmuster einer Kategorie.

Von den Verletzungen einer Kategorie zählt die Hälfte zu den SHT und/oder Verletzungen der HWS, gefolgt von Verletzungen des Thorax und/oder der BWS und von Extremitätenverletzungen. Isolierte Bauch-, Becken-, und/oder LWS-Verletzungen kommen sehr selten vor.

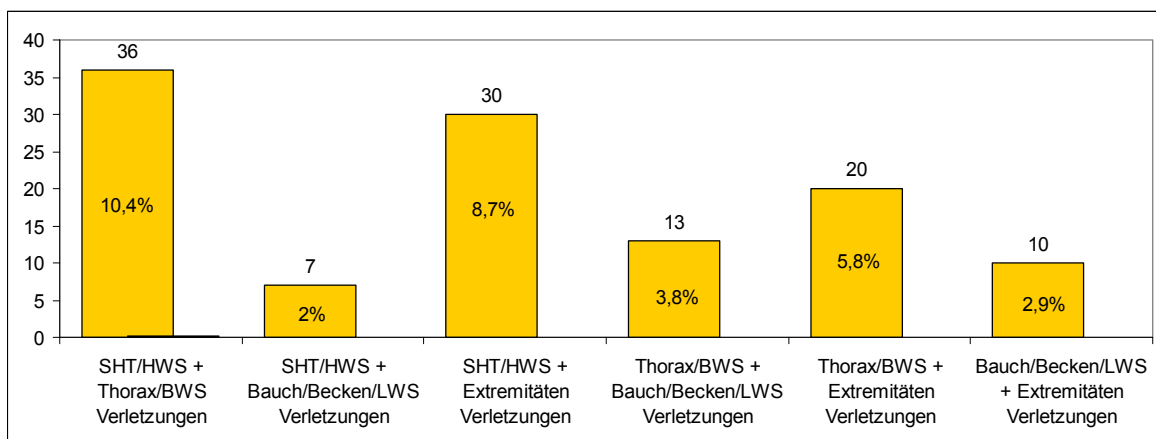


Abbildung 27: Kombinationen der Verletzungsmuster bei Verletzungen zweier Kategorien

Bei den Verletzungen zweier Kategorien dominiert die Kombination von SHT/HWS Verletzungen und Thorax/BWS Verletzungen vor der Kombination SHT/HWS und Extremitätenverletzungen. Am seltensten kommen SHT/HWS Verletzungen kombiniert mit Bauch/Becken/LWS Verletzungen vor.

3.5 Therapie und Verlauf

Hierbei wird zwischen Patienten unterschieden die konservativ behandelt werden, solchen bei denen operative Interventionen (hierzu zählen sämtlichen operativen Eingriffe, auch die Anlage von Thoraxdrainagen und Hirndrucksonden) durchgeführt werden.

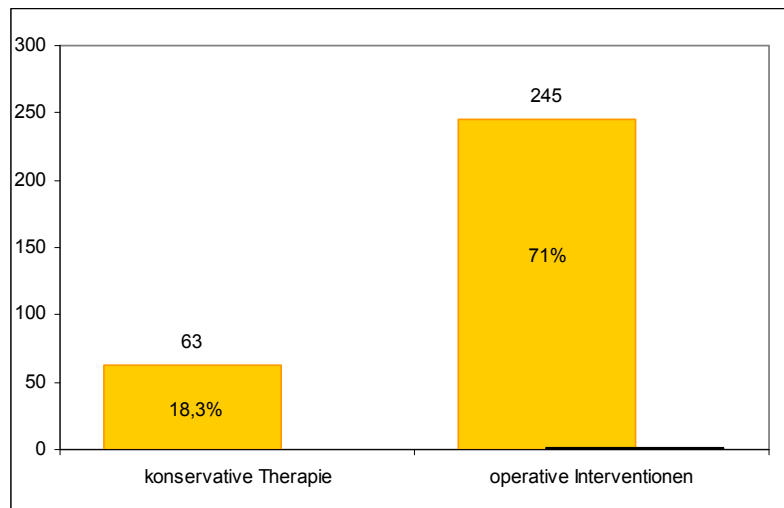


Abbildung 28: Klinischer Verlauf.

Fast dreiviertel (71%) des gesamten Patientenkollektivs wurden operativ versorgt und 18,3% der Patienten wurden konservativ behandelt. Insgesamt sind 37 Patienten (10,7%) im Krankenhaus verstorben (diese werden nicht zu den Kategorien der therapeutischen Interventionen dazugezählt). Davon sind 20 Patienten an den Folgen von schweren SHT verstorben, bei 10 Patienten war eine Asystolie die Todesursache, 5 Patienten waren aufgrund ihrer schweren Verletzungen nicht mehr hämodynamisch stabilisierbar und 2 Patienten sind an Multiorganversagen verstorben.

3.6 Freie intraabdominelle Flüssigkeit in der CT und in der Sonographie

Sämtliche Blutungen in die Bauchhöhle werden als freie intraabdominelle Flüssigkeit gewertet. Intraparenchymatöse Blutungen und Hämatome (z.B. Leberhämatom) werden nicht dazugezählt.

Von den 345 Patienten wird durch die FAST-Sonographie bei 21 Patienten richtig positiv freie Flüssigkeit diagnostiziert. Durch die CT kann bei 47 Patienten freie intraabdominelle Flüssigkeit nachgewiesen werden. Da als Goldstandard die Polytrauma-CT angenommen wird, bedeutet dies, dass in 26 Fällen die Diagnose der FAST falsch negativ ist. Bei den übrigen 294 Patienten ist die Diagnose der FAST richtig negativ.

Bei einem Patienten trat im Laufe seiner stationären Behandlung eine spontane Milzruptur auf. In zwei Fällen kann durch die FAST keine freie Flüssigkeit nachgewiesen werden, jedoch eine Organverletzung (dabei handelt es sich beide Male um eine Milzlazeration).

Diese Ergebnisse werden durch die folgende Tabelle veranschaulicht:

		FREIE FLÜSSIGKEIT IN DER SONOGRAPHIE		TOTAL
		0	1	
FREIE FLÜSSIGKEIT IN DER CT	0	294	4	298
	1	26	21	47
TOTAL		320	25	345

Abbildung 29: Darstellung der Untersuchungsergebnisse von Sonographie und CT.
 0 bedeutet keine freie Flüssigkeit
 1 bedeutet freie Flüssigkeit

3.7 Sensitivität und Spezifität der FAST für die Beurteilung von freier intraabdomineller Flüssigkeit

Durch die FAST wird bei 21 Patienten richtig positiv freie intraabdominelle Flüssigkeit festgestellt. In 26 Fällen wird die FAST als falsch negativ beurteilt. Daraus resultiert eine **Sensitivität** von **44,7%**.

Die FAST kann 294 Patienten als richtig negativ beurteilen, 4 Patienten werden als falsch positiv beurteilt. Daraus ergibt sich eine **Spezifität** von **98,7%**.

3.8 **Klinischer Verlauf der Patienten mit nachgewiesener freier intraperitonealer Flüssigkeit**

Von den 47 durch die CT positiv auf freie intraperitoneale Flüssigkeit diagnostizierten Patienten, sind 9 Patienten verstorben, 14 Patienten wurden operativ (Laparotomie) behandelt und 24 wurden konservativ behandelt. Eine genaue Übersicht ist der folgenden Tabelle entnehmbar:

	VERLETZUNGEN DER OBERBAUCHORGANE	VERLAUF	FAST POSITIV (auf freie Flüssigkeit)	FAST NEGATIV (auf freie Flüssigkeit)
CT POSITIV auf freie intraperitoneale Flüssigkeit: 47	POSITIV in der CT: 37	Konservativ	8	9
		Operativ	6	6
		Verstorben	4	4
	NEGATIV in der CT: 10	Konservativ	3	4
		Operativ	0	2
		Verstorben	0	1
	Gesamt: 47		21	26
CT NEGATIV auf freie intraperitoneale Flüssigkeit: 298	POSITIV in der CT: 18	Konservativ	0	15
		Operativ	0	0
		Verstorben	0	3
	NEGATIV in der CT: 280	Konservativ	4	249
		Operativ	0	0
		Verstorben	0	25
	Gesamt: 298		4	294

**Tabelle 13: Aufschlüsselung des klinischen Verlaufs in Bezug auf die Diagnose freier intraperitonealer Flüssigkeit durch die CT und die FAST.
Konservativ = Konservative Therapie
Operativ = Laparotomie und Überlebt
Verstorben = ungeachtet der Therapie verstorben**

In 47 Fällen war die CT positiv auf freie Flüssigkeit. Von diesen 47 Patienten erlitten 37 Verletzungen der Oberbauchorgane (Leber, Milz, Pankreas, Nieren, Darm, Gefäße), bei 10 Patienten konnten keine Verletzungen der Oberbauchorgane nachgewiesen werden.

Die FAST war bei 18 der 37 Patienten mit Verletzungen der Oberbauchorgane richtig positiv auf freie intraabdominelle Flüssigkeit. Von diesen 18 richtig positiv diagnostizierten Patienten erhielten 8 eine konservative Therapie, 6 eine operative Therapie (Laparotomie) und 4 sind verstorben (3 Patienten verstarben an einer Asystolie, ein Patient an einem MOV). Von den 37 Patienten mit nachgewiesener freier intraperitonealer Flüssigkeit und nachgewiesenen Organverletzungen wurde die FAST in 19 Fällen als falsch negativ beurteilt. Von diesen 19 falsch negativen Patienten erhielten 9 Patienten eine konservative Therapie, 6 Patienten wurden operativ (Laparotomie) versorgt. Bei zwei der sechs operativ versorgten Patienten wurde durch die FAST die Organverletzung (in beiden Fällen eine Milzlazeration) erkannt, jedoch keine freie Flüssigkeit. 4 Patienten sind verstorben (ein Patient verstarb durch eine Asystolie, 3 Patienten waren aufgrund der Schwere ihrer Verletzungen nicht mehr hämodynamisch stabilisierbar).

Bei 10 Patienten wurde in der CT freie intraperitoneale Flüssigkeit gefunden, jedoch konnte keine Organverletzungen nachgewiesen werden. In 3 dieser Fälle wurde die freie Flüssigkeit auch durch die FAST gefunden, all jene Patienten wurden konservativ therapiert. In 6 weiteren Fällen wurde durch die FAST keine freie intraperitoneale Flüssigkeit diagnostiziert. Von diesen 6 Patienten wurden 4 konservativ versorgt, 2 wurden operativ behandelt (explorative Laparotomie). Ein Patient ist verstorben (Asystolie als Todesursache).

Das Vorhandensein keinerlei freier intraperitonealer Flüssigkeit wurde durch die CT bei 298 Patienten bestätigt. Von diesen 298 Patienten erlitten jedoch 18 isolierte Organverletzungen (subkapsuläre Lazerationen, Kontusionen, intraparenchymatöse Hämatoeme). Bei allen 18 Patienten war die FAST negativ. Es wurden 15 Patienten konservativ bezüglich ihrer Oberbauchorganverletzungen behandelt und 3 Patienten sind verstorben (alle 3 Patienten in Folge ihrer schweren Schädel-Hirn Verletzungen).

Bei 280 Patienten wurde durch die CT weder freie intraperitoneale Flüssigkeit noch eine Organverletzung festgestellt. In keinem dieser Fälle kam es zur operativen Behandlung (Laparotomie). Bei vier dieser Patienten war die FAST jedoch falsch positiv. Aus dieser Gruppe sind 25 Patienten verstorben (17 Patienten an der Schwere ihrer SHTs, 5 Patienten an Asystolien, 2 waren nicht mehr hämodynamisch stabilisierbar und ein Patient an MOV).

4 Diskussion

Das untersuchte Patientenkollektiv des Universitätsklinikums Graz entspricht dem „typischen“ polytraumatisierten Patientenkollektiv aus dem Traumaregister 2009 der DGU[14]. Somit stellt das untersuchte Patientenkollektiv einen repräsentativen Querschnitt dar. Dies ermöglicht eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Studie mit anderen Studien.

Das Durchschnittsalter der Patienten im LKH Graz liegt bei 44,8 Jahren, das Durchschnittsalter der Patienten aus dem Jahresbericht der DGU bei 42 Jahren. Vom Grazer Patientenkollektiv sind 74,5% Männer, im Traumaregister sind 72% Männer. Die Alters- und Geschlechtsmerkmale entsprechen auch denen anderer Studien [29-33].

Die häufigste Unfallsursache der Grazer Patienten ist der Verkehrsunfall in 58,3% der Fälle. Auch im Jahresbericht der DGU liegt der Verkehrsunfall mit 57,5% an vorderster Stelle der Unfallsursachen. [14]

Interessanterweise lassen sich beim Vergleich des GCS geringe Unterschiede feststellen. Für die 170 Patienten bei denen der GCS ermittelt wurde, ergibt sich ein durchschnittlicher GCS von 9,8 (-+4,9), bei den Patienten des Traumaberichts ergibt sich ein GCS von 11,3 (+- 4,6). Es ist wahrscheinlich, dass sich diese geringen Unterschiede durch den nicht vollständigen Datensatz (bei 175 Patienten wurde primär kein GCS erhoben) erklären lassen.

Bezogen auf den Traumabericht der DGU sind die Anzahl der anschließenden operativen Interventionen (71% am LKH, 77% im Traumaregister) sowie die Letalität im Krankenhaus (10,7% im LKH, 14% im Traumaregister) in ähnlichen Bereichen.

Das Hauptaugenmerk dieser Studie liegt jedoch in der Ermittlung der Sensitivität und der Spezifität für die FAST, zur Diagnose von freier intraabdomineller Flüssigkeit bei polytraumatisierten Patienten, am Universitätsklinikum Graz. Dazu wurden die Daten von

345 polytraumatisierten Patienten erhoben und statistisch ausgewertet. Von den 345 untersuchten Patienten wurde durch die CT (festgelegter Goldstandard) bei 47 Patienten (13,6%) freie intraabdominelle Flüssigkeit gefunden. Die Sensitivität der FAST liegt bei 44,7% und die Spezifität liegt bei 98,7%. Der klinische Verlauf der Patienten mit freier intraabdomineller Flüssigkeit gestaltete sich folgendermaßen: Von den 21 durch die FAST als richtig positiv beurteilten Patienten wurden 11 konservativ und 6 operativ therapiert. Es sind 4 dieser Patienten verstorben. Von den 26 durch die FAST als falsch negativ beurteilten Patienten wurden 13 Patienten konservativ und 8 Patienten operativ behandelt und 5 dieser Patienten sind verstorben.

Im Vergleich zu anderen Studien liegt die Sensitivität damit deutlich unter der in diesen Studien ermittelten Sensitivität. In den vergleichbaren Studien von Rozycki et al.[28, 31], Glaser et al.[29], Ma et al.[30], McKenney et al.[32] und Dolich et al.[33] liegt die Sensitivität zwischen 79% und 99%. Die Spezifität liegt in den eben erwähnten Studien zwischen 95,6% und 99,7%. Damit entspricht die, aus den am Universitätsklinikum Graz erhobenen Patientendaten, ermittelte Spezifität von 98,7% durchaus den anderen Studien.

Werden nun die Ergebnisse der Studie am Universitätsklinikum Graz einer kritischen Betrachtung hinsichtlich der Durchführung und der Beurteilung der FAST unterzogen, lassen sich einige mögliche Erklärungsansätze bzw. Limitationen finden:

- **Flüssigkeitsmenge und klinische Relevanz**

Wie bereits erwähnt ist die Erkennung von freier intraabdomineller Flüssigkeit stark an die Menge der vorhandenen Flüssigkeit gebunden. Zwar konnte in Studien an Leichen bewiesen werden, dass schon Mengen von 100ml freier Flüssigkeit gefunden werden können, jedoch ist diese Menge nur unter den bestmöglichen Untersuchungsbedingungen zu finden [25]. Eine Studie von Von Kuenssberg-Jehle et al. zeigte 2003, dass die durchschnittliche minimal gefundene Flüssigkeit bei Rückenlage des Patienten 157ml beträgt. [44] Eine andere Studie von Abrams et al. aus dem Jahr 1999 zeigt jedoch, dass die durchschnittliche minimal gefundene Flüssigkeitsmenge bei Rückenlage des Patienten 668ml beträgt. [45] Durch diese hohe Differenz der minimal gefundenen Flüssigkeit kann gefolgert werden, dass es keinen zuverlässigen Wert für die minimal auffindbare

Flüssigkeit gibt. Je größer jedoch die vorhandene Flüssigkeitsmenge, desto leichter ist sie diagnostizierbar.

Aus dem retrospektiven Datensatz der Notfallsonographie lässt sich nicht mehr eruieren wie viel freie Flüssigkeit durch die FAST (teils sind Papierfilmdokumentationen, teils gar keine Ausdrücke vorhanden) bei den einzelnen Patienten gefunden wurde. Es liegt jedoch die Vermutung nahe, dass die Flüssigkeitsmenge bei einigen Patienten zu gering gewesen sein könnte, um durch die Sonographie entdeckt werden zu können.

Diese Vermutung kann durch die Wahl der Therapie untermauert werden. Insgesamt wurden von den 47 Patienten, mit durch die CT bestätigter freier intraabdomineller Flüssigkeit 24 konservativ und 14 operativ behandelt. 9 Patienten sind verstorben.

Bei 26 der 47 Patienten mit nachgewiesener freier intraabdomineller Flüssigkeit wurde die FAST falsch negativ beurteilt. Von diesen Patienten wurden 13 konservativ behandelt. Hier lässt sich vorsichtig formulieren, dass bei diesen 13 Patienten die Organverletzungen sowie die freie intraabdominelle Flüssigkeitsmenge so gering ausgeprägt gewesen sein könnten, dass keine invasive, operative Therapie nötig war. In 8 anderen Fällen war eine operative Therapie (Laparotomie) notwendig. Wobei in zwei dieser Fälle durch die FAST eine Organläsion (Milzlaceration) festgestellt werden konnte. Bei 2 weiteren dieser Patienten zeigte der Entschluss zum Einsatz einer explorativen Laparotomie kein wesentliches Ergebnis. Es konnten keine morphologisch relevanten Organverletzungen gefunden werden. Weitere 5 Patienten sind verstorben (2 Patienten verstarben an einer Asystolie, 3 Patienten konnten nicht mehr hämodynamisch stabilisiert werden). Obwohl die FAST in 26 Fällen falsch negativ bezüglich der freien intraabdominellen Flüssigkeit war, könnte durch die genaue Aufschlüsselung der therapeutischen Vorgangsweise gezeigt werden, dass die FAST prinzipiell eine gute Aussagekraft bezüglich der Gesamtsituation zulässt.

- **Unterschiedliche Befunder**

Zur Beurteilung werden die schriftlichen FAST-Befunde und nicht die Ultraschallbilder selbst herangezogen. Die Ultraschallaufnahmen werden nicht nachträglich von einem oder mehreren ausgewählten Radiologen befundet, sondern es werden die Untersuchungsergebnisse verwendet, die der am Aufnahmetag diensthabende Radiologe

festgestellt hat. Deshalb werden in dieser großen Zeitspanne von über 2 Jahren die polytraumatisierten Patienten von vielen Radiologen mit unterschiedlichen Erfahrungen und ohne spezielles Training für diese Studie, beurteilt. Wie Studien belegen hängen die Ergebnisse der FAST jedoch auch von der Erfahrung des Untersuchers ab. [23] Dies wäre ein weiterer Anhaltspunkt zur Erklärung der geringen Sensitivität, da in anderen Studien speziell geschulte Untersucher die FAST-Aufnahmen beurteilen. [28] [30] [31]

- **Retrospektive Studie**

Die Studie wurde retrospektiv durchgeführt. Da nur schon bestehende Daten ausgewertet werden konnten, haben sich gewisse Datenlücken (z.B. wurde der GCS nur bei 170 von 345 Patienten erhoben, aufgrund nicht immer ausgedruckter Papierfilmdokumentationen konnten die Bilder selbst nicht beurteilt werden) ergeben. Eine der wesentlichen Fragestellungen, nämlich die Vermessung der Flüssigkeitsmenge direkt im Ultraschall ist somit nicht mehr möglich (eine Beurteilung der Flüssigkeitsmenge der CT-Bilder wäre möglich, jedoch gäbe es keine Vergleichsmöglichkeit mit der FAST).

- **Patientenabhängige Bildqualität**

Diese stellt eine weitere Limitation für den Untersucher dar. Die Studie basiert rein auf den schriftlichen Befunden der FAST-Protokolle. Es wurden keine Patienten wegen schlechter Bildqualität oder nicht vollständig einsehbarer Verhältnissen (z.B. durch behindernde Gipsverbände, Meteorismus, etc.) ausgeschlossen. Dies entspricht dem Alltag im Schockraum, denn der Untersucher sollte auch bei schlechter Bildqualität eine grobe Beurteilung der Verletzungen des Patienten abgeben können.

- **Zeitspanne**

Ein weiterer Aspekt bei der Beurteilung der freien Flüssigkeit durch die FAST betrifft die Zeitspanne zwischen den Untersuchungen. Diese Zeitspanne lässt sich aus den retrospektiven Daten nicht mehr eruieren. Da die Sonographie vor der Polytrauma-CT durchgeführt wird, besteht die Möglichkeit, vor allem bei kleineren Verletzungen, dass zum Zeitpunkt der Durchführung der FAST die Flüssigkeitsmenge noch so gering ist, dass sie nicht diagnostiziert werden kann. Durch die vergehende Zeitspanne (protrahierte Reanimation, erschwerte hämodynamische Stabilisierung, etc.) bis zur Polytrauma CT sammelt sich mehr Flüssigkeit an und somit kann leichter eine Diagnose gestellt werden.

Als Schlussfolgerung ergibt sich, dass für den exakten morphologischen Nachweis freier intraabdomineller Flüssigkeit bei polytraumatisierten Patienten die CT Methode der Wahl ist und bleibt. Bei keinem der 298 durch die CT als richtig negativ beurteilten Patienten war eine Intervention wegen nicht erkannter Läsionen und/oder Blutungen in der CT notwendig. Ein Patient erlitt eine spontane Milzruptur während des Klinikaufenthaltes.

Trotzdem zeigt sich, dass die FAST ein durchaus brauchbares Werkzeug zur Detektion freier intraabdomineller Flüssigkeit ist. Die Sensitivität liegt in der durchgeführten Studie nur bei 44,7%. Da die Hälfte (13 Patienten) der falsch negativ beurteilten Patienten konservativ behandelt wurden, hatte die freie Flüssigkeitsansammlung für diese Patienten keinerlei therapeutische Konsequenz. Wie bereits diskutiert wurden von den restlichen 13 durch die FAST falsch negativ beurteilten Patienten, 8 operativ versorgt (bei 2 Patienten konnte durch die explorative Laparotomie kein morphologisches Korrelat für die Blutung gefunden werden, bei 2 Patienten wurde eine Organverletzung durch die FAST festgestellt) und 5 sind verstorben.

Die Spezifität beträgt 98,7%, somit kann durch die FAST ein Großteil der Patienten ohne freie Flüssigkeit diagnostiziert werden. Dies entspricht den Ergebnissen anderer Studien. [28-33]

Im klinischen Routinebetrieb kann auf die FAST, vor allem bei hämodynamisch instabilen Patienten, als erste und am schnellsten durchführbare Untersuchungsmethode bei der Frage nach freier intraabdomineller Flüssigkeit, nicht verzichtet werden. Durch die FAST kann ein grober Überblick über die intraabdominelle Verletzungssituation geschaffen werden, auf dessen Basis es zu wichtigen Entscheidungen über das weitere therapeutische Vorgehen kommen kann. Des Weiteren weist die FAST eine hohe Spezifität auf, dies bedeutet, dass durch die FAST 98,7% der richtig negativen Patienten erkannt werden können. Wie bereits erwähnt, war bei 8 Patienten(30,8%), bei denen die FAST falsch negativ war, eine operative Intervention notwendig, während bei 2 dieser Patienten eine Organverletzung (Milzlazerationen) durch die FAST nachgewiesen werden konnte.

Bei hämodynamisch stabilen Patienten mit isolierten SHT-Traumen oder Extremitätenverletzungen könnte bei stabiler Bewusstseinslage und keinem Hinweis auf abdominelle Traumen (Prellmarken, Rippenverletzungen, etc.) sowie negativer FAST die Möglichkeit bestehen auf eine gesamte Polytrauma-CT zu verzichten. Von den 345 untersuchten Patienten wiesen 16 (4,6%) keinerlei radiologisch nachweisbare

Verletzungen auf, bei zwei Patienten wurde eine Wundversorgung durchgeführt, alle anderen wurden konservativ therapiert. 14 Patienten (4,1%) hatten isolierte Verletzungen der Extremitäten (Frakturen, Läsionen von Sehnen und Bändern, etc.). Bei 5 dieser Patienten wurden eine Wundversorgung, sowie eine konservative Therapie eingeleitet. Bei den restlichen neun Patienten kam es zu einer operativen Versorgung der Verletzungen. 42 Patienten (12,2%) erlitten ein isoliertes Schädel-Hirn-Trauma und/oder eine Verletzung der HWS, bei 27 (7,8%) Patienten wurde der GCS erhoben. 9 (2,6%) dieser 27 Patienten erlitten ein leichtes isoliertes SHT, von diesen wurden 6 Patienten durch Wundversorgungen oder konservativ therapiert, 3 wurden operativ therapiert. Dies zeigt, dass insgesamt bei 39 Patienten (11,8%) auf eine gesamte Polytrauma-CT Untersuchung verzichtet hätte werden können, da sie keine oder nur geringe Verletzungen aufwiesen. Durch den Verzicht auf die gesamte Polytrauma-CT könnte die Strahlenbelastung der meist jüngeren Patienten vermindert und der gesamte Versorgungsablauf verkürzt werden.

5 Ausblick

Für die Zukunft der Diagnostik von freier intraabdomineller Flüssigkeit beim Polytraumamanagement zeichnen sich zwei Trends ab:

Einerseits wird der Einsatz der FAST im präklinischen Bereich (sog. PFAST), d.h. durch den Notarzt und die Rettungssanitäter, untersucht. Dazu gibt es, gerade im deutschsprachigen Raum, interessante Studien. 2006 wurde von Walcher et al. eine Studie durchgeführt, die besagt, dass die Sensitivität der PFAST bei 93% und die Spezifität bei 99% liegen. Im Durchschnitt erfolgte die PFAST Untersuchung 35 min früher als der Ultraschall im Schockraum. In 30% der Fälle führten die Ergebnisse der PFAST zu Änderung des Therapieplans. [46] Eine Studie von Hoyer HX et al. aus diesem Jahr gibt eine Sensitivität der PFAST von 85% und Spezifität von 96% an. In mindestens einem von sechs Fällen können durch die PFAST zusätzliche wichtige Informationen gewonnen werden. [47] Es darf jedoch in keinem Fall zu einer Verzögerung der Einlieferung des Patienten und somit zu einer Verzögerung der therapeutischen Behandlung kommen, da sich dies negativ auf den Behandlungserfolg auswirken kann. Diese Studien zeigen mit der FAST vergleichbar gute Werte für Sensitivität und Spezifität auf und bestätigen die PFAST als gutes Triage-Werkzeug bei Polytraumen. Deshalb sind die Entwicklung und der Einsatz der PFAST weiter zu beobachten.

Andererseits ergibt sich durch die Schaffung von modernen Schockräumen mit einem CT-Gerät direkt im Schockraum, die Möglichkeit primär eine CT durchzuführen und auf die FAST und die Röntgenaufnahmen zu verzichten. Der Patient wird auf eine Liege gelegt die sich auch als Tisch für die CT-Untersuchung eignet. Das Umlagern sowie der Transport des Patienten in den CT-Raum entfallen. Der Patient kann, sobald er hämodynamisch stabil und erstversorgt (venöser Zugang, intubiert, durchgeführte Erstuntersuchung, etc.) direkt im Schockraum mit der CT untersucht werden. Dies führt im Allgemeinen zu einer enormen Zeitersparnis. Desweiteren kann auf die konventionellen Röntgenaufnahmen und die FAST verzichtet werden. Die Nachteile liegen darin, dass es zu einer Vernachlässigung der klinischen Diagnostik kommen kann. Weiters ist es möglich, dass der Patient während der CT-Untersuchung hämodynamisch verfällt und es noch keine Anhaltspunkte über die

Verletzungsmuster vorliegen, da die CT noch nicht fertig durchgeführt wurde und eine grobe Basisdiagnostik fehlt. Beachtet man diese Limitationen ist im Allgemeinen die Schaffung moderner Schockräume wünschenswert. Durch die verbesserte räumliche Struktur können, bei richtigem Einsatz, Zeit und Ressourcen gespart werden.

Literaturverzeichnis

- 1) Tscherne H, Regel G (Hrsg). Tscherne Unfallchirurgie – Trauma Management. Berlin: Springer Verlag; 1997; 225-238
- 2) Henne-Bruns D, Kremer B, Dürig M. Chirurgie, Duale Reihe. 3. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2008; 898-905
- 3) Bruch H P, Trentz O (Hrsg).Berchthold Chirurgie. 6. aktualisierte Auflage. München, Jena: Urban & Fischer; 2008; 95-106, 1019-1024
- 4) Rüter A (Hrsg.). Unfallchirurgie. München, Wien: Urban & Schwarzenberg; 1995; 237-243
- 5) Lissner J (Hrsg.). Radiologie I. 4.neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Enke; 1992
- 6) Gross M (Hrsg.) Sonographie. München, Jena: Elsevier, Urban&Fischer; 2007; 18-49
- 7) Delorme S, Debus J. Sonographie. 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2005; 2-40
- 8) Schmidt G (Hrsg.) Checkliste Sonographie. 3. vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2005; 1-16
- 9) Weissleder R, Rieumont MJ, Wittenberg J. Kompendium der bildgebenden Diagnostik. Wien: Springer; 2003; 775-777, 801-808
- 10) Baert A L (Editor) Encyclopedia of Diagnostic Imaging. Volume 2. Berlin: Springer; 2008; 1910-1915
- 11) Kauffmann G, Moser M, Sauer S. Radiologie. 3. Auflage. München: Urban & Fischer; 2006; 103-114
www.studentconsult.de
- 12) Reiser M, Kuhn F P, Debus J. Duale Reihe Radiologie. 2. korrigierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2006; 55-96
- 13) Oestern H J (Hrsg.). Das Polytrauma, Präklinisches und klinisches Management. München: Elsevier; 2008; 3-75
- 14) http://www.traumaregister.de/downloads/Jahresbericht_2009.pdf; eingesehen am 07.02.2010
- 15) Bühren V, Trentz O. Checkliste Traumatologie. 6. überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2005; 12-25

- 16) Wilson W C, Grande C M, Hoyt D B (editors). Trauma: Emergency Resuscitation Perioperative Anesthesia Surgical Management. Volume 1. New York: Informa; 2007; 293-315
- 17) Scharf HP, Rüter A, Pohlemann T, Marzi I, Kohn D, Günther K-P. Orthopädie und Unfallchirurgie. München, Jena: Elsevier; 2009; 98-116, 385-414
- 18) Pickuth D. Sonographie – systematisch. 2. Auflage. Bremen, London, Boston: UNI-MED; 2004; 12-23
- 19) Grau T (Hrsg.). Ultraschall in der Anästhesie und Intensivmedizin. 2. überarbeitete Auflage. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 2009; 157-166
- 20) Mahadevan S V, Garmel G M. An introduction to clinical emergency medicine. Cambridge: Cambridge University Press; 2005; 733-738
- 21) <http://www.trauma.org/index.php/main/article/214/> eingesehen am 10.02.2010 ; Brohi K. Focussed assesement with sonography for trauma. London: 2006
- 22) Rozycki GS, Shackford SR. Ultrasound, what every trauma surgeon should know. J Trauma. 1996; 40(1): 1-4
- 23) Machi J, Staren E D (Editors). Ultrasound for Surgeons. Second Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005; 167-178
- 24) Norton J A, Barie P S, Bollinger R R et al. Surgery: basic science and clinical evidence. Second edition. New York: Springer; 2008; 471-492
- 25) Cosby K S, Kendall J L. Practical guide to emergency ultrasound. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006; 43-89
- 26) Fulde G W O. Emergency medicine: the principles of practice. Fifth Edition. Australia: Elsevier, Churchill Livingstone; 2009; 51-95
- 27) Wolfson A B (Editor). Harwood-Nuss` Clinical practice of emergency medicine. Fifth edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010; 227-237
- 28) Rozycki G S, Ochsner M G, Jaffin J H, Champion H R. Prospective evaluation of surgeons` use of ultrasound in the evaluation of trauma patients. J Trauma. 1993; Volume 34 (4): 516-527
- 29) Glaser K, Tschmelitsch J, Klingler P, Wetscher G, Bodner E. Ultrasonography in the management of blunt abdominal and thoracic trauma. Arch Surg. 1994; Volume 129 (7): 743-747
- 30) Ma O. J, Mateer J R., Oagata M et al. Prospective analysis of a rapid trauma ultrasound examination performed by emergency physicians. J Trauma. 1995; Volume 38 (6): 879-885

- 31) Rozycki G S, Ochsner M G, Schmidt J A et al. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. *J Trauma*. 1995; Volume 39 (3): 492-500
- 32) McKenney M G, Martin L, Lentz K et al. 1000 consecutive ultrasounds for blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 1996; Volume 40 (4): 607-612
- 33) Dolich M O, McKenney M G, Mark G et al. 2576 ultrasounds for blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 2001; Volume 50 (1): 108-112
- 34) Schumpelnick V, Bleese N, Mommsen U (Hrsg.). *Kurzlehrbuch Chirurgie*. 7. korrigierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2006
- 35) Grillenberger A, Fritsch E. *Computertomographie - Eine Einführung in ein modernes bildgebendes Verfahren*. Wien: Facultas; 2007; 1-146
- 36) Buzug TM. *Einführung in die Computertomographie, Mathematisch-physikalische Grundlagen der Bildrekonstruktion*. 1. Nachdruck. Berlin: Springer; 2005; 1-10
- 37) Brüning R, Küttner A, Flohr T (Hrsg.). *Mehrschicht-CT: Ein Leitfaden*. Heidelberg: Springer; 2008; 4-10
- 38) Krukemeyer M G, Wagner W (Hrsg.). *Strahlenmedizin: Ein Leitfaden für den Praktiker*. Berlin: de Gruyter; 2004; 1-18
- 39) http://www.bfs.de/de/bfs/druck/uus/jb07_Teil_B_IV.pdf:
Strahlenexposition durch medizinische Massnahmen. Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz; Eingesehen am 03.03.2010.
- 40) <http://www.bfs.de/de/ion/wirkungen/grenzwerte.html>
Grenzwerte und Dosisbegriffe im Strahlenschutz. Bundesamt für Strahlenschutz; Eingesehen am 03.03.2010
- 41) Krieger H. *Grundlagen der Strahlenphysik und des Strahlenschutzes*. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Teubner; 2007; 525-542
- 42) Knollmann F D, Coakley F V (Hrsg.). *Mehrzeilen-CT: klinische Anwendung und Protokolle*. München: Urban & Fischer; 2006; 263-265, 319-328
- 43) Prokop M, Galanski M (Editors). *Spiral and multislice computed tomographie of the body*. Stuttgart: Thieme; 2003; 1-37
- 44) Von Kuenssberg Jehle D, Stiller G, Wagner D. Sensitivity in detecting free intraperitoneal fluid with the pelvic views of the FAST exam. *Am J Emerg Med*. 2003; Volume 21(6): 476-478
- 45) Abrams BJ, Sukumvanich P, Seibel R, Moscati R, Jehle D. Ultrasound for the detection of intraperitoneal fluid: the role of Trendelenburg positioning. *Am J Emerg Med*. 1999; Volume 17(2): 117-120

- 46) Walcher F, Weinlich M, Conrad G, Schweigkofler U, Breitzkreutz R, Kirschning T, Marzi I. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. *Br J Surg.* 2006; Volume 93(2): 238-242
- 47) Hoyer HX, Vogel S, Schiemann U, Haug A, Stolpe E, Michalski T. Prehospital ultrasound in emergency medicine: incidence, feasibility, indications and diagnosis. *Eur J Emerg Med.* 2010 15. Feb.

Curriculum vitae

Persönliche Daten

Geburtsdatum: 17.09.1985
Geburtsort: Graz
Staatsangehörigkeit: Österreich
Familienstand: ledig



Ausbildung:

1991- 1995 Besuch der Volksschule Grenadier in Graz
1995-2003 Besuch des sprachlichen Zweigs des BG/BRG Pestalozzi
Juni 2003 Matura mit Auszeichnung bestanden

Oktober 2003 Beginn des Studiums der Humanmedizin in Graz
08. November 2004 Abschluss des ersten Abschnitts des Humanmedizinstudiums
Februar 2009 Abschluss des zweiten Abschnitts des Humanmedizinstudiums
März-Juli 2009 Studium an der medizinischen Fakultät der Université Caen, Frankreich, im Rahmen des Erasmusprogramms
Juni 2010 voraussichtlicher Abschluss des Humanmedizinstudiums

Famulaturen

April 2005 4-wöchige Famulatur an der Universitätsklinik für Gefäßchirurgie am LKH Graz
Mai 2005 2-wöchige Famulatur an der Universitätsklinik für Innere Medizin(Endokrinologie) am LKH Graz
2-wöchige Famulatur an der Universitätsklinik für Radiologie am LKH Graz

August 2007	4-wöchige Auslandsfamulatur in Porto/ Portugal im Hospital Sao Joao an der Abteilung für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
April/Mai 2008	4-wöchige Famulatur in der Abteilung für Unfallchirurgie am UKH Graz

Auslandsaufenthalte/ Famulaturen

August 2007	4-wöchige Auslandsfamulatur in Porto/ Portugal im Hospital Sao Joao an der Abteilung für Frauenheilkunde und Geburtshilfe
März-Juli 2009	Absolvierung eines Teils des sechsten Studienjahres am CHU der Université Caen, Frankreich, im Rahmen des Erasmusprogramms
September-Oktober 2009	Absolvierung eines Teils des sechsten Studienjahres an der Universitätsklinik der Charité Berlin, an der Station für Unfallchirurgie

Absolvierung des sechsten Studienjahres / praktisches Jahr

1. *Fächergruppe:* Klinik für Unfallchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow Klinikum, September bis Oktober 2009
2. *Fächergruppe:* Klinik für Innere Medizin; Rheumatologie, am CHU Caen, Universitätsklinik Caen, Frankreich
3. *Fächergruppe:* Klinik für Gynäkologie und Geburtshilfe am CHU Caen, Universitätsklinik Caen, Frankreich
4. *Famulatur in einer allgemeinmedizinischen Praxis:* Ordination Dr. Anderwald in Graz, Eggenberg

Kurse und Beschäftigungen neben dem Studium

Oktober 2003 – Mai 2006 Tätigkeit als Sitzwache bei Epileptikern für die
Universitätsklinik für Neurologie am LKH Graz

Mai 2008 Mitarbeit als „Teddydoktor“ beim Teddybär-Krankenhaus in
Graz

Sommersemester 2008 Tutorin für KSRII/Ethik1 an der Medizinischen Universität Graz

Sprachkenntnisse :

Deutsch	Muttersprache
Englisch	Fließende Kenntnisse; 8 Jahre im Gymnasium 4 Englisch Kurse für Mediziner absolviert
Italienisch	Sehr gute Kenntnisse; 6 Jahre im Gymnasium
Französisch	Sehr gute Kenntnisse; 3 Jahre im Gymnasium 3 Sprachkurse der Mittelstufe absolviert, einsemestriger Erasmusaufenthalt in Caen, Frankreich
Latein	Fortgeschrittene Kenntnisse; 4 Jahre im Gymnasium
Portugiesisch	Basis Kenntnisse; ein Basiskurs absolviert

Anna Katharina Ogris