

Aus dem Institut für Klinische Radiologie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Validität der sonografischen Kontrollen nach  
initialer Spiral-CT bei polytraumatisierten Patienten  
mit abdomineller Verletzung

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hannelore Mayer

aus

Temeschburg jetzt Neusäß

Jahr

2011

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. med. Ulrich Linsenmaier

Mitberichterstatter: Priv.Doz. Dr. Reinhold A. Lang

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: PD Dr. med. Thomas Meindl

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 12.5.2011

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Definition Polytrauma .....	1
1.2 Epidemiologie des Polytraumas .....	1
1.3 Unfallmechanismen und Scoring Systeme .....	4
1.4 Abdominalverletzungen bei polytraumatisierten Patienten .....	8
1.5 Interdisziplinäre Polytraumabehandlung.....	9
1.6 Das Polytrauma aus radiologischer Sicht.....	10
1.7 Polytraumamanagement .....	12
1.8 Untersuchungsverfahren im Schockraum .....	15
<b>2. Fragestellung</b> .....	<b>18</b>
<b>3. Material und Methoden</b> .....	<b>19</b>
3.1 Patientenkollektiv .....	19
3.2 Einschlusskriterien .....	20
3.3 Diagnostik .....	20
3.4 Geräte .....	22
3.5 Klinische Parameter und Laborbefunde:.....	22
3.6 Auswertung .....	23
<b>4. Ergebnisse</b> .....	<b>24</b>
4.1 Demografische Daten .....	24
4.2 Verletzungsmuster und Verletzungsschwere .....	24
4.3 Auswertung MDCT.....	26
4.4 Auswertung Ultraschall.....	28
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>34</b>
<b>6. Zusammenfassung</b> .....	<b>41</b>
Literaturverzeichnis.....	43
Danksagung .....	46

## **1. Einleitung**

### **1.1 Definition Polytrauma**

Das Polytrauma bezeichnet gleichzeitige Verletzungen von mindestens zwei Körperregionen oder Organsystemen, von denen mindestens eine oder die Kombination aller Verletzungen für den Patienten lebensbedrohlich sind [1].

### **1.2 Epidemiologie des Polytraumas**

In Deutschland verunglücken jährlich ca. 8-9 Millionen Menschen, von ihnen werden ca. 1,5 Millionen im Krankenhaus stationär behandelt. Die meisten Unfälle ereignen sich in der Freizeit und im Haushalt. Pro Jahr sterben etwa 20.000 Menschen durch Unfälle, der Straßenverkehr stellt die schwerwiegendste Unfallursache dar, auch wenn die Zahl der Unfalltoten im Straßenverkehr weiterhin rückläufig ist: 2001 starben 6977 Menschen, 2002 6842 und im Jahr 2003 starben 6613 Menschen [2-7]. Bislang existiert keine lückenlose Statistik über die Anzahl der Polytraumapatienten und Schockraumversorgungen. In der Bundesrepublik existiert allerdings ein Traumaregister bei der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). An dieses Register können Kliniken ihre Polytraumapatienten melden, diese Meldung ist bislang nicht verpflichtend [8].

Aufgrund der Daten des Traumaregisters kann man von 1000 Schockraumbehandlungen und 500 Schwerverletzten pro 100000 Einwohner ausgehen [4], dies resultiert in einem Aufkommen von ca. 30000 Polytraumapatienten pro Jahr [5, 9]. Das Durchschnittsalter beträgt ca. 35-40 Jahre und ca. 75% von Ihnen sind männlich, wobei der Anteil der Frauen mit zunehmendem Alter steigt [3, 6]. Das Polytrauma betrifft also vor allem junge Menschen und führt deshalb zu mehr verlorenen Lebensjahren als Herz-Kreislaufkrankungen und Krebserkrankungen zusammen. Damit ist das Polytrauma die häufigste Todesursache bis zum 44. Lebensjahr [3, 4, 6, 7, 10-15].

Bezüglich der Gesamtmortalität der Polytraumapatienten gibt es in der Literatur große Schwankungen, die mit ca. 4-20% angegeben wird [3, 7, 16] Die meisten Todesfälle sind durch das Schädel-Hirn-Trauma bedingt (ca. 50%), gefolgt von Spätkomplikationen wie Sepsis, ARDS, Multiorganversagen (ca. 30%) und hämodynamischen oder respiratorischen Komplikationen (20%). Etwa 60% der Mehrfachverletzten erleiden Schädel-Hirn-Verletzungen, ca. 5% Halsverletzungen, ca. 60% weisen Thoraxverletzungen auf, ca. 25% Abdomenverletzungen, ca. 40% Verletzungen an den Extremitäten und ca. 1% hat

Weichteilverletzungen [6, 16]. Knapp 60% der überlebenden Unfallopfer kehren innerhalb von 2 Jahren an ihren Arbeitsplatz zurück, 30% benötigen eine Umschulung und ca. 10% bleibt zu 80% erwerbsunfähig [17].

Betrachtet man die Zahlen verschiedener europäischer Länder, so ergibt sich für die Verkehrsunfalltoten ein recht heterogenes Bild. Nach den Zahlen von 1998 verunfallen in Schweden lediglich 60 in Portugal jedoch bis zu 243 Personen pro 1 Mio. Einwohner und Jahr. Im Vergleich zum Jahr 1990 ergab sich bis 1998 in nahezu allen Ländern der Europäischen Union ein deutlicher Rückgang der Verkehrstoten mit Abnahmen um bis zu 41%. Lediglich in Griechenland stieg im Vergleichszeitraum die Anzahl der Verkehrsunfalltoten um 5% an. Die Bundesrepublik Deutschland nimmt mit 95 Verkehrstoten pro 1 Million Einwohner einen mittleren Platz ein (Tabelle 1). Betrachtet man zum Vergleich die Anzahl der Toten durch Stürze, Intoxikation, Suizid und Gewalttaten, so ergeben sich ebenfalls teilweise erhebliche Unterschiede, wobei im europäischen Mittel (EU-15) in den fünfzehn Ländern der Europäischen Union 94% auf Verkehrsunfälle, Stürze und Suizide entfallen [18].

In Deutschland ist die Zahl der Verkehrstoten ebenfalls rückläufig. Der Anteil der Männer überwiegt (Tabelle 2).

<b>Verkehrsunfallstatistik für die Europäische Union</b> [Verkehrstote / Millionen Einwohner]				
Land	1990	1996	1998	Veränderung 1990/98 [%]
Griechenland	202	197	212	+ 5 %
Italien	126	116	110	- 13 %
Irland	136	125	116	- 15 %
Portugal	305	275	243	- 20 %
Frankreich	198	146	152	- 23 %
Luxemburg	186	171	143	- 23 %
Belgien	198	134	147	- 26 %
Niederlande	92	76	68	- 26 %
Europäische Union	155	117	114	- 26 %
Dänemark	123	98	85	- 31 %
Deutschland	139	107	95	- 32 %
Schweden	90	61	60	- 33 %
Spanien	232	140	151	- 35 %
Großbritannien	94	64	61	- 35 %
Finnland	130	79	78	- 40 %
Österreich	202	127	119	- 41 %

**Tabelle 1:** Anzahl der durch Unfälle tödlich verletzten Verkehrsteilnehmer in der Europäischen Union 1990, 1996 und 1998 je 1 Million Einwohner. Die Aufstellung erfolgt anhand der höchsten prozentualen Änderung im Zeitraum von 1990 bis 1998 [18].

## Verkehrsunfallstatistik für Deutschland:

<b>Tödlich Verunglückte</b>	<b>insgesamt</b>	<b>männlich</b>	<b>weiblich</b>
<b>1997</b>	8547	6345	2202
<b>1998</b>	7780	5668	2112
<b>1999</b>	7770	5651	2119
<b>2000</b>	7499	5434	2065
<b>2001</b>	6975	5052	1923
<b>2002</b>	6841	4952	1889
<b>2003</b>	6611	4854	1757
<b>2004</b>	5833	4264	1571
<b>2005</b>	5356	3912	1444
<b>2006</b>	5088	3717	1371

**Tabelle 2:** Tödlich Verunglückte in Deutschland 1997-2006 nach Geschlecht (ADAC 2007) [19]

### **1.3 Unfallmechanismen und Scoring Systeme**

Unterschiedliche Unfallmechanismen können zu Mehrfachverletzungen führen. Um die Verletzungsschwere standardisiert einteilen zu können, wurden verschiedene Einteilungssysteme entwickelt.

Zu diesen Systemen gehört der Abbreviated Injury Scale (AIS) der Association for the advancement of automotive medicine. Der AIS bewertet jede Einzelverletzung mit einer Punktzahl von 1 bis 6 Punkten.

Mithilfe des AIS kann man den ISS, den Injury Severity Score bestimmen. Die Verletzungsschwere von 1 bis 6 wird für die einzelnen Körperregionen bestimmt: Kopf/Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten und Weichteile. Die Punkte der 3 am schwersten Verletzten Regionen werden quadriert und addiert ( $x^2+y^2+z^2=75$ ). Der Punktwert des ISS reicht von 0-75 Punkten. Ist eine Verletzung im AIS mit 6 bewertet, so wird der ISS

automatisch auf 75 Punkte gesetzt. Ist der ISS unter 25, so kann man von einem sehr geringen Mortalitätsrisiko ausgehen. Oberhalb von 25 Punkten steigt die Mortalitätsrate fast linear an. Bei einem ISS von 50 Punkten beträgt das Mortalitätsrisiko 50%, bei mehr als 70 Punkten fast 100%.

Die Vorteile des ISS sind seine lineare Korrelation mit Mortalität, Morbidität und der Dauer des Krankenhausaufenthaltes. Der ISS ist das am meisten verwendete anatomische Scoring-System, das die anatomische Verletzungsschwere beschreibt. Allerdings wirkt sich eine Fehleinschätzung im AIS stark auf den ISS aus. Ein weiterer Nachteil ist die Tatsache, dass die Verletzungen nicht nach Körperregionen unterteilt werden und dass viele verschiedene Verletzungsmuster somit denselben ISS-Wert haben. Die endgültige Beurteilung des Patienten nach dem ISS im Schockraum ist schwierig, meist sogar unmöglich. Sie ist häufig erst nach abgeschlossener Bildgebung und eventuellen Operationen möglich [3].

Beim Hannoveraner Polytraumaschlüssel (PTS) nach Oestern et al (1985, letzte Revision 1997) werden die Regionen Schädel (PTSS), Abdomen (PTSA), Extremitäten (PTSE), Thorax (PTST), Becken (PTSB) und das Alter mit Punkten bewertet.

Die Punkte werden addiert und ergeben den Schweregrad der Verletzung: Schweregrad I < 19 Punkte, Schweregrad II 20-34 Punkte, Schweregrad III 35-48 Punkte und Schweregrad IV > 49 Punkte. Letalität: Schweregrad I bis 10%, Schweregrad II bis 25%, Schweregrad III bis 50% und Schweregrad IV bis 75% [3, 20].

Somit ergibt sich ein minimaler Punktwert von 3 und eine Höchstpunktzahl von 15. Ab einem Wert unter 8 Punkten spricht man von einem schweren Schädelhirntrauma.

Der Revised-Trauma-Score (RTS) enthält die Glasgow-Coma-Scale, den systolischen Blutdruck und die Atemfrequenz. Diese drei Parameter werden mit einem Wert von 0-4 gewichtet und mit einem Koeffizienten multipliziert (siehe Tabelle 3 und Abbildung 1).

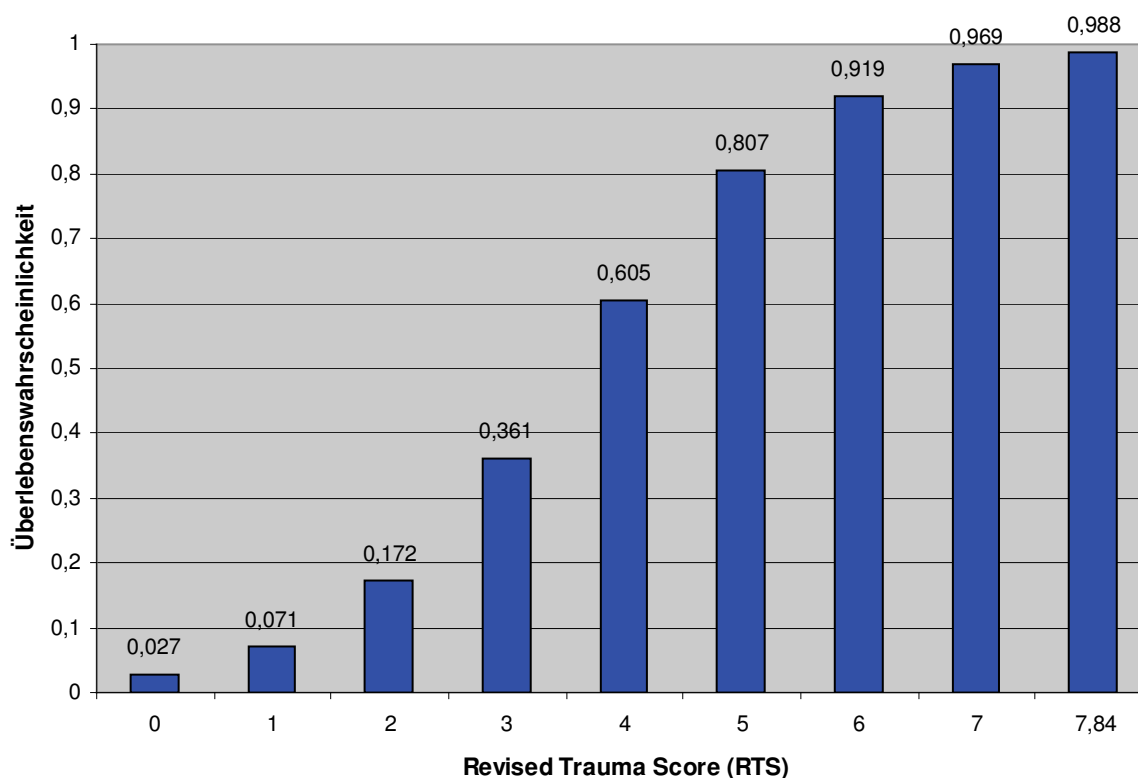


GCS	RR systolisch	Atemfrequenz	Bewertung
13-15	> 89	10-29	4
9-12	76-89	> 29	3
6-8	50-75	6-9	2
4-5	1-49	1-5	1
3	0	0	0

**Tabelle 3:** Bewertungshilfe für Revised-Trauma-Score [21]

$$\text{RTS} = 0,9368 \text{ GCS} + 0,7326 \text{ RR syst.} + 0,2908 \text{ AF}$$

Der RTS kann einen Punktwert von 0-7,84 annehmen. Die Überlebenswahrscheinlichkeit korreliert mit diesem Wert:



**Abb. 1:** Überlebenswahrscheinlichkeit nach dem Revised-Trauma-Score [21]

Ein Scoring-System, um die Überlebenswahrscheinlichkeit von Patienten auf Intensivstationen vorherzusagen, ist der Acute Physiology And Chronic Health Evaluation Score, kurz APACHE-Score. Er wurde von William A. Knaus entwickelt und berücksichtigt

neben dem Alter des Patienten auch klinische Parameter und Vorerkrankungen. 1981 wurde der APACHE I vorgestellt und 1985 durch den APACHE II Score abgelöst. 1991 erschien der Nachfolger APACHE III, allerdings ergab 2001 eine Studie von Markgraf et al, dass der APACHE II in der untersuchten Patientengruppe präzisere Vorhersagen lieferte [22]. Der APACHE II Score setzt sich aus dem Acute Physiology Score, den Age Points und den Chronic Health Points zusammen.

Acute Physiology Score:

Für diesen Score werden folgende klinische Parameter erhoben: Körpertemperatur rektal, arterieller Mitteldruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz, Oxygenierung, pH, Natriumspiegel, Kaliumspiegel, Kreatinin, Hämatokrit, Leukozytenzahl und der Wert für die Glasgow Coma Scale (Punkte: 15- aktueller GCS). Je nach Ausmaß der Abweichung vom Normwert nach oben oder unten, erhält der Patient 1-4 Punkte pro Parameter. Für einen Parameter im Normbereich werden keine Punkte vergeben.

Age Point:

Alter bis 44 = 0 Punkte

45-54 = 2 Punkte

55-64 = 3 Punkte

65-74 = 5 Punkte

ab 75 = 6 Punkte

Chronic Health Points:

Patient nicht operiert, in der Vorgeschichte Organinsuffizienz oder Immunschwäche = 5 Punkte

Postoperativer Patient nach Notfall-OP mit Organinsuffizienz oder Immunschwäche in der Vorgeschichte = 5 Punkte

Postoperativer Patient nach Wahleingriff mit Organinsuffizienz oder Immunschwäche in der Vorgeschichte = 2 Punkte.

Die Punkte von Acute Physiology Score, die Age Points und die Chronic Health Points werden addiert. Je höher die erreichte Punktzahl, desto höher die zu erwartende Todesrate :

0-4 Punkte ca. 4% Todesrate

5-9 Punkte ca. 8%

10-14 Punkte ca. 15%

15-19 Punkte ca. 25%

20-24 Punkte ca. 40%

25-29 Punkte ca. 55%

30-34 Punkte ca. 75%

ab 34 Punkte ca. 85%

[23, 24]

#### **1.4 Abdominalverletzungen bei polytraumatisierten Patienten**

Nicht- oder nicht primär diagnostizierte Abdomenverletzungen gehören zu den häufigsten vermeidbaren Todesursachen bei polytraumatisierten Patienten [11, 12]. Außerdem stellt das Verbluten infolge der Verletzung parenchymatöser Organe oder großer Gefäße neben dem Schädelhirntrauma die häufigste primäre Todesursache dar [10].

Anhand des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie haben ca. 25% der Patienten schwere Abdominalverletzungen [4]. Manche Autoren schätzen, dass bis zu 43% der Polytraumapatienten Abdominalverletzungen aufweisen [11].

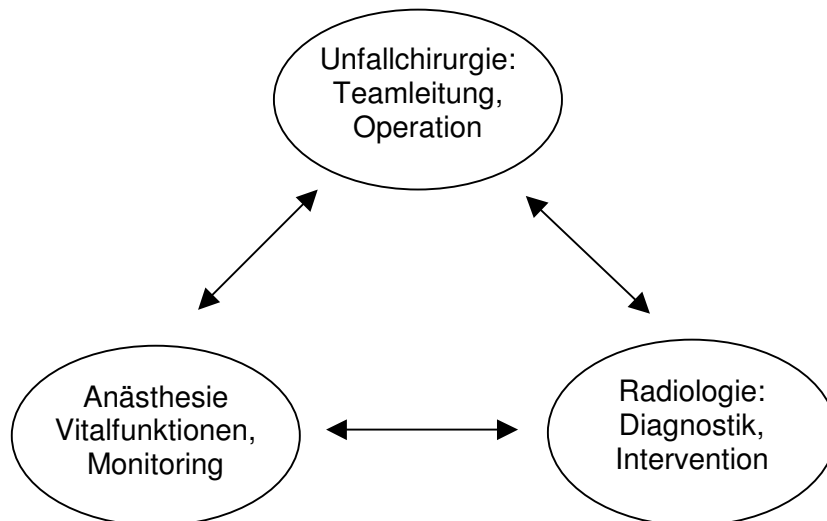
Nach der Art der Abdominalverletzung unterscheidet man stumpfe und penetrierende Abdominaltraumata. In Europa ist das stumpfe Bauchtrauma acht bis zehn mal häufiger als das penetrierende Bauchtrauma. Ein stumpfes Bauchtrauma wird im Wesentlichen durch Kompression oder durch Beschleunigung verursacht. Kompressionsverletzungen entstehen bei Druck eines parenchymatösen Organs gegen ein hartes fixiertes Objekt, in den meisten Fällen ist dies die Wirbelsäule. Dadurch kann es zu Rupturen der parenchymatösen Organe oder zu Hämatomen kommen. Ebenso können Hohlorgane deformiert werden oder der intraluminale Druck kann ansteigen. Beschleunigungskräfte wirken vor allem zwischen beweglichen und weniger beweglichen Organen. Dadurch kann es zu Gefäßabrissen und Blutungen kommen.

Penetrierende Bauchverletzungen sind meist durch Messerstiche oder Schüsse verursacht. Dabei wird in der Regel das Peritoneum eröffnet und es kann jedes Organ betroffen sein [11].

## **1.5 Interdisziplinäre Polytraumabehandlung**

Die Überlebensraten der schwer verletzten Patienten steigen, wenn die Therapie innerhalb der ersten Stunde nach dem Trauma, der so genannten "golden hour of shock" begonnen wird [25]. Der Begriff, der "Golden hour" repräsentiert die erste(n) Stunde(n) nach dem Unfall, in denen eine gezielte medizinische Versorgung zu einer signifikanten Verbesserung der Überlebensrate führen kann. Die Zeitdauer für primäre Diagnostik und lebensrettende Maßnahmen bildet neben dem Ausmaß der Störung der Vitalparameter bei Aufnahme in den Schockraum einen signifikanten Prädilektionsfaktor für das Überleben schwer verletzter Patienten.

Wesentlich für therapeutische Interventionen sind die schnelle Erfassung aller relevanten Verletzungskomponenten und die umfassende Beurteilung der Gefährdung des Patienten. Insbesondere in der frühen Versorgungsphase können Zeit- und Managementfehler einen prognostisch ungünstigen Verlauf determinieren [4]. Der Polytraumapatient weist in der Regel eine Vielzahl unterschiedlicher Verletzungen in mehreren Körperregionen auf, die durch ein schweres Trauma entstanden sind. Dadurch wird eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen erforderlich [16]. Eine optimale Zusammensetzung eines Traumateams besteht in einem Unfallchirurgen, einem Intensivmediziner bzw. Anästhesisten und einem Radiologen mit jeweils entsprechend zugeordnetem Personal. Dieses Team wird vor Eintreffen des polytraumatisierten Patienten alarmiert. Eine enge Kooperation der Vertreter dieser primär agierenden Fachdisziplinen ist notwendig. Während der klinischen Erstversorgung (Übernahme der ABC- Maßnahmen durch den Intensivmediziner /Anästhesisten) werden die ersten bildgebenden diagnostischen Maßnahmen (Thoraxröntgen, Abdomensonografie) durchgeführt. Voraussetzung ist routiniertes, eingespieltes Personal [12]. Eine horizontale Kommunikation zwischen den Fachdisziplinen Unfallchirurgie, Anästhesie und Radiologie ist wichtig, da der Wechsel von einer hierarchisch geführten, vertikalen Organisationsform hin zu horizontal organisierten Traumateams den Zeitbedarf für lebensrettende Maßnahmen von 27 auf 12 Minuten, für die Diagnostik von 69 auf 25 Minuten sowie für die gesamte Schockraumversorgung von 122 auf 56 Minuten reduziert hat [4].



**Abb. 2:** Teamzusammensetzung im Schockraum  
(nach Mutschler et al 2002) [4]

Durch die Unfallchirurgie erfolgt i.d.R. die Leitung des Teams im Schockraum und die Durchführung von Notoperationen; durch die Anästhesie werden die Stabilisierung der Vitalfunktionen und das Monitoring sichergestellt [4]. Die Radiologie spielt eine zunehmend wichtigere Rolle in Diagnostik und Therapie der Polytraumaversorgung [4, 16], da heute die radiologische Schnittbildgebung innerhalb weniger Minuten zur Verfügung steht und auch die radiologische Gefäßintervention zunehmend an Bedeutung gewinnt. Nur durch eine enge Zusammenarbeit (siehe Abb.2) können lebensbedrohliche Verletzungen zügig diagnostiziert und therapiert werden, um die Prognose des Patienten zu verbessern [10]. Das gemeinsame Ziel bei Patienten mit Abdomenverletzungen ist die schnelle Diagnostik von lebensbedrohlichen Verletzungen, ihrer Ursache und ihrer adäquaten Behandlung, entweder gleichzeitig oder in einer prioritätenorientierten Reihenfolge [4, 25]. Deshalb ist eine optimale Traumabehandlung heute nur mit aufwendigen strukturellen und personellen Voraussetzungen zu gewährleisten [10].

## **1.6 Das Polytrauma aus radiologischer Sicht**

Die bildgebende Diagnostik spielt seit inzwischen über 20 Jahren eine entscheidende Rolle bei der Versorgung Mehrfachverletzter. So ist v.a. beim stumpfen Bauchtrauma die klinische Untersuchung alleine für die Diagnostik von Verletzungen unzureichend. Auch bei Kopfverletzungen ist die klinische Untersuchung alleine nicht ausreichend [25]. Die personelle, apparative und logistische Einbindung der Radiologie in die frühklinische

Versorgung Schwerstverletzter stellt höchste Anforderungen an die Einrichtung und Ausstattung der radiologischen Funktionseinheit, deren Anbindung an die chirurgische Notaufnahme und den Schockraum, ebenso wie an die Ausbildung und das Wissen des Radiologen. Dies ist heute vor allem durch den frühen Einsatz der Computertomografie in der initialen Behandlungsphase der Versorgung Schwerverletzter, sowie durch den zunehmenden Einsatz interventioneller Verfahren, wie z.B. die Ballonokklusion und CT-gesteuerte ICP-Ventrikelkatheteranlage bedingt [16, 26]. Allerdings ist in den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) die Rolle des Radiologen im Schockraum-Basisteam nicht genau definiert. Die radiologische Abteilung muss zwar personell eine 24-Stunden Präsenz im Krankenhaus gewährleisten, eine nähere Definition der Tätigkeit und Verfügbarkeit des Radiologen liegt aber nicht vor [12, 27]. Die Kernelemente der bildgebenden Diagnostik stellen die Projektionsradiografie, Sonografie und die CT dar. Die Radiologie ist die einzige Fachdisziplin, die alle genannten bildgebenden Verfahren fachkundig vertritt [12, 27]. Der Radiologe muss über die Anamnese, das Verletzungsmuster und die hämodynamische Situation des Patienten unterrichtet sein und aktiv in die Informationskette eingegliedert werden. Dadurch wird sich die Befundqualität erhöhen und er kann seine Algorithmen an die klinische Situation anpassen [27].

Im Idealfall sind alle Fachdisziplinen im Schockraum mit den allgemeinen Abläufen und den spezifischen Gegebenheiten im radiologischen Arbeitsablauf vertraut. Umgekehrt ist die Radiologie in die Algorithmen für das Schockraummanagement integriert [4].

Der Radiologe liefert mit der umfassenden Ganzkörperdiagnostik Ergebnisse aller bildgebenden Verfahren aller Körperregionen und ermöglicht eine umfassende Diagnose und Therapie.

Dieser integrative Bestandteil ist ein wichtiger Gegenpol zur zunehmenden therapeutischen Spezialisierung bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten [12]. Für Radiologen sind keine generellen Bedingungen festgeschrieben, die zur Teilnahme an einem Traumateteam befähigen. Häuser et al halten jedoch folgende Voraussetzungen in einem Krankenhaus der Maximalversorgung für erforderlich:

- Beherrschung der gesamten konventionellen traumatologischen Skelett- und Thoraxröntgendiagnostik
- Suffiziente Ausbildung in der Abdominal- und Weichteilsonografie
- Beherrschung der CT- Diagnostik des gesamten Körpers

Wünschenswert ist die Befähigung zur invasiven Gefäßdiagnostik und –intervention [12].

Verzögerung in der Diagnostik, inadäquate Diagnostik und unzureichende Würdigung der diagnostischen Befunde sind die häufigsten Fehler der ersten 60 Minuten und führen zu vermeidbaren Todesfällen [12, 27]. Ruchholz et al. haben schon in den 90er Jahren die Verläufe von 40 frühverstorbenen Polytraumapatienten untersucht und fanden bei 30% keinen Fehler in der frühen Versorgung, bei 45% fand er Behandlungsfehler, die jedoch keinen Einfluss auf den tödlichen Ausgang hatten, bei 15% Behandlungsfehler, die einem möglichen Einfluss auf den tödlichen Ausgang hatten. Insgesamt konnte er 64 Fehler nachweisen, davon 64% Managementfehler, 23% Therapiefehler und 13% Diagnostikfehler [28]. Eine andere Studie untersuchte Fehler beim Schockraummanagement und fand 53% Fehler während der Schockraumphase, 26% während der operativen Phase, 21% während der Intensivbehandlungsphase und 6% der verstorbenen Traumapatienten hätten nach Einschätzung der Autoren überleben können, wenn die Fehler vermieden worden wären. Bei der Beurteilung abdomineller Verletzungen wurden im Schockraum die häufigsten Fehler gemacht [29]. Eine neuere Studie zeigte, dass trotz moderner Schnittbildverfahren bei ca. 5% der Patienten Verletzungen verzögert diagnostiziert wurden, d.h. eine Verletzung wurde erst nach Verlegung auf die Intensivstation diagnostiziert oder vermutet. 30% dieser Verletzungen waren mit schwerwiegenden, wenn auch nicht letalen Folgen für die Patienten verbunden. In der Studie lag die Ursache solcher verzögert diagnostizierter Läsionen in 23% der Fälle daran, dass der Radiologe die Läsion in der vollständigen Diagnostik nicht erkennen konnte. In ca.13% der Fälle konnte die Läsion nicht erkannt werden, da keine vollständige Diagnostik durchgeführt wurde. In 55% der Fälle war die Initialdiagnostik noch unauffällig und auch retrospektiv nicht zu diagnostizieren und in knapp 10% der Fälle war aufgrund der Kreislaufinstabilität der Patienten praktisch keine Diagnostik möglich [30]

## **1.7 Polytraumamanagement**

Das Überleben des Patienten, der Therapieverlauf und die Verweildauer auf der Intensivstation werden aufgrund der Folgen einer protrahierten Schockgeschehens im ganz starken Maße von der Arbeit in den ersten 30-60 Minuten im Schockraum des Krankenhauses beeinflusst. Standardisierte, eingeübte Algorithmen sparen Zeit und vermindern Fehlermöglichkeiten. Es existieren vor allem von der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie entwickelte Handlungsabläufe, die komplexe Diagnose- und Behandlungswege beim polytraumatisierten Patienten in strukturierte Einzelschritte gliedern. Daraus resultieren nachweisbare Reduktionen der Letalitätsraten. Klar strukturierte Diagnoseabläufe erleichtern innerklinisch für weniger Erfahrene einerseits den Arbeitsablauf,

andererseits sind zeitraubende interdisziplinäre Einzelfalldiskussionen dadurch überflüssig. Strukturierte Lösungswege gestatten zwar begründete Abweichungen, vermitteln aber trotz Zeitdruck auch Sicherheit. Solange die Algorithmen angewandt werden, ist aufgrund der transparenten Handlungsabläufe eine systematische Fehlersuche möglich. Interklinische Vergleiche zur Qualitätskontrolle sind leichter durchführbar [27]. Nur klinische Algorithmen ermöglichen ein logisch strukturiertes, systematisches und standardisiertes Behandlungskonzept, das trotz der Komplexität der Traumaversorgung und des Zeitdruckes eine regelrechte Versorgung unter Minimierung möglicher Fehler sicherstellt [4]. In den Level I und II Traumazentren wurde das Auftreten vermeidbarer Todesfälle bei mehrfach verletzten Patienten in Europa und den USA signifikant reduziert. Eine entscheidende Rolle spielt dabei nicht nur die personelle und apparative Ausstattung der Zentren, sondern auch die Einführung von Behandlungsalgorithmen [10, 26].

Bei relevantem Abweichen vom bestehenden Algorithmus werden Zunahmen der Letalität um das Dreifache (penetrierendes Bauchtrauma) bis zum Zehnfachen (stumpfes Bauchtrauma) im Vergleich zu Kollektiven mit Einhaltung der Algorithmen beschrieben. Es konnte nachgewiesen werden, dass durch konsequenten Einsatz derartiger Algorithmen sowohl die Vollständigkeit basisdiagnostischer Maßnahmen, die Zeitintervalle bis zur erforderlichen cranialen CT, die Anzahl verzögert erkannter Läsionen, der Zeitpunkt frühtherapeutischer Eingriffe (z.B. Thoraxdrainagen/Transfusionen/Trepanation etc.) als auch die Letalität polytraumatisierter Patienten um bis zu 31% verbessert werden.

Das Management des polytraumatisierten Patienten wird in der Literatur in 4 verschiedene Zeitabschnitte eingeteilt:

1. Akutphase („resuscitation period“, Tag 1)

- Lebensrettende Sofortmaßnahmen und lebensrettende Operationen mit
- Notfalldiagnostik
- Notfalltherapie

2. Primärphase („stabilisation period“, Tag 1-5)

- Erweiterte Notfalldiagnostik Schockraumdiagnostik
- Notfalltherapie
- Notfalloperationen

3. Sekundärphase („regeneration period“, >Tag 5)

- Intensivtherapie
- Weitere Diagnostik
- Dringliche Operationen



## 4. Tertiärphase („rehabilitation period“)

- Aufgeschobene Operationen

Das Behandlungskonzept in der Akutphase basiert in der Chirurgischen Klinik und Poliklinik Innenstadt des Klinikums der Ludwig Maximilians Universität München auf einem prioritätenorientierten Algorithmus in den mittlerweile ein MSCT als fester Bestandteil eingebunden ist:

Phase (min)	Klinisches Management	Diagnostisches Management
Alpha (< 1)	lebenserhaltende Sofortmaßnahmen	Abdomensonografie
Bravo (<6)	Diagnostik und Behandlung lebensbedrohlicher Verletzungen	Konventionelle Röntgenaufnahme des Thorax, evtl. der WS und des Beckens
Charly (6-30)	Primärdiagnostik , Therapie, evtl. Transport in den OP	MSCT von Schädel, Thorax und Abdomen (<30min)
Delta (>30)	Komplettierung der Diagnostik, Transport auf die Intensivstation oder in den OP	Kontrollsonografie des Abdomens, Röntgenaufnahme des Thorax, evtl. zusätzliche CT-Untersuchungen

**Tabelle 4:** Phasen des frühen klinischen und diagnostischen Managements von polytraumatisierten Patienten [9]

Während des ersten Behandlungsabschnitts werden notwendige lebensrettende Maßnahmen auf Grundlage des klinischen Befundes und der fokussierten Sonografie (FAST) sowie der Thoraxübersicht durchgeführt. Unmittelbar nach der Sicherung der Atemwege und Beatmung sowie der Kontrolle von offensichtlichen externen Blutungen erfolgt der Einsatz der MSCT zur Detektion von akuten thorakalen, abdominellen oder pelvinen Blutungen und zur Erfassung von akuten raumfordernden intrakraniellen Blutungen. Voraussetzung für die Umsetzung des Konzepts ist eine enge räumliche und logistische Integration des CT in den Schockraum sowie eine eng abgestimmte interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Unfallchirurgie, Anästhesie und Radiologie [31]

## **1.8 Untersuchungsverfahren im Schockraum**

### 1. Computertomografie:

Das Prinzip der CT wurde 1968 von Hounsfield und Cornack entwickelt.

Die CT basiert auf einer tomografischen Röntgentechnik, bei der ein Röntgenstrahl den Patienten aus verschiedenen Richtungen abtastet. Durch parallele Kollimation wird der Röntgenstrahl zu einem dünnen Fächer geformt, der die Schichtdicke bestimmt. Nach dem Durchtritt durch den untersuchten Körperabschnitt wird die geschwächte Röntgenstrahlung von Detektoren erfasst.

Die heute am häufigsten eingesetzte Spiral-CT besitzt eine kontinuierlich rotierende Röntgenröhre. Die Rohdatenerfassung erfolgt bei gleichmäßigem Tischvorschub durch die Untersuchungsebene. Es resultiert eine spiralförmige bzw. helikale Abtastbewegung, die zu den synonymen Bezeichnungen Spiral-CT bzw. Helical-CT geführt hat. Innerhalb des erfassten Volumens kann in jeder beliebigen Position ein CT-Bild berechnet werden.

Bei der Einzelschicht-CT erfolgt die Datenaquisition Schicht für Schicht (sequenzielle CT).

Seit den 90er Jahren ist die Spiral-CT zur Standardtechnologie für die CT-Diagnostik avanciert.

Im Gegensatz zu Systemen mit einem einzigen Detektorkranz (Einzeilen-CT) verfügen Multidetektor-CTs über zwei oder mehr parallele Detektorzeilen, die gleichzeitig Rohdaten erfassen können. Sie besitzen eine simultan rotierende Röntgenröhre und Detektoreinheit. Alle derzeitigen Multidetektorsysteme nutzen eine Scannergeometrie der 3. Generation mit simultan rotierender Röntgenröhre und Detektoreinheit. Systeme mit 4 Parallelen aktiven Detektorzeilen wurden 1998 eingeführt; derzeit sind Geräte mit 6,8,10,16,20,32,40,64,128 und 256 Zeilen gebräuchlich. Die Leistung dieser Systeme wurde zusätzlich durch eine höhere Rotationsgeschwindigkeit verbessert. Als Resultat dessen hat ein 4-Zeilen-Scanner mit einer Rotationszeit von 0,5s eine 8-mal höhere Leistung als ein herkömmlicher Einzeilenscanner mit einer Rotationszeit von 1s.

Die MDCT hat viele entscheidende Vorteile. So reduzieren kürzere Scanzeiten die Gefahr von Bewegungsartefakten und reduzieren den Zeitbedarf für die CT-Untersuchung beim Unfallpatienten. Gleichzeitig ermöglicht die kürzere Scanzeit die Untersuchung der Leber oder anderer parenchymatöser Organe in verschiedenen definierten Kontrastmittelphasen, was die Detektion und Differenzierung von Läsionen erleichtert. Mit der MDCT sind längere Scanabschnitte möglich, die speziell bei der CT-Angiografie von Bedeutung sind. Nicht zusetzt bestechen die Geräte durch den Einsatz dünner Schichten mit einer isotropen Auflösung in allen gewünschten Ebenen [32].

Die MDCT hat sich vor allem wegen der kurzen Untersuchungszeiten mittlerweile im Schockraum für die Initialdiagnostik etabliert. Ihr Nutzen auch bei Abdominalverletzungen wurde in zahlreichen Studien nachgewiesen [33, 34]. Mittlerweile wurden spezielle CT-Protokolle für den Einsatz im Schockraum entwickelt, die noch kürzere Untersuchungszeiten und einen höheren Patientendurchsatz ermöglichen [35].

#### Bildrekonstruktion:

Die Detektoren messen die Schwächung der Röntgenstrahlen beim Durchtritt durch den Patienten in jeder Winkelstellung der Röntgenröhre. Die so ermittelten Schwächungswerte werden im Computer logarithmiert und bearbeitet, d.h. alle Punkte entlang des Integrationsweges erhalten den gleichen Signalwert. Aus den Schwächungswerten aller Projektionen ergibt sich durch Überlagerung das Schichtbild. Jedes Element des zweidimensionalen Bildes (Pixel) repräsentiert ein Volumenelement (Voxel).

Voxel = Pixel x Schichtdicke

Das Ausmaß der Strahlenabsorption bestimmt der lineare Schwächungskoeffizient. Zur besseren Vergleichbarkeit der Gewebe dient in der CT aber die Hounsfield-Einheit (HE):

Die Hounsfield-Einheit errechnet sich aus dem linearen Schwächungskoeffizienten  $\mu$  und ist ein Maß für die Dichte. Sie ist ein relativer Schwächungskoeffizient. Bezugsgröße sind das Wasser (0 HE) und die Luft (-1000HE).

#### 2. Sonografie:

Die Sonografie ist ein Schnittbildverfahren, das auf der Aussendung von Ultraschallwellen und dem Empfang der im Gewebe reflektierten Schallwellen (Echos) basiert. Als Ultraschall bezeichnet man Schallwellen, deren Frequenz über der menschlichen Hörschwelle liegt (> 20 kHz). In der medizinischen Diagnostik finden i.d.R. Frequenzen von 7-15 MHz Anwendung.

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

Ein Ultraschallgerät besteht aus dem Schallkopf mit Piezokristallen und einer Steuereinheit. Nach der Anordnung der Piezokristalle unterscheidet man Linearscanner (Piezokristalle nebeneinander angeordnet), Sektorscanner (Piezokristalle werden schrittweise um ihre Achse bewegt) und Konvexscanner (Piezokristalle bogenförmig angeordnet).

Bei den Ultraschallverfahren unterscheidet man das A-Mode-Verfahren, bei dem die Amplituden der Echos auf einer Zeitachse aufgetragen werden, das B-Mode-Verfahren, bei dem den Amplituden der Echos Grauwerte zugeordnet werden und das M-Mode-Verfahren, bei dem die Echos eines Ortes auf einer Zeitachse aufgetragen werden.

Mit dem Dopplerverfahren werden Frequenzverschiebungen registriert, die an bewegten Reflektoren (Blutzellen) auftreten [36].

Die Sonografie hat gegenüber der CT Vorteile. Sie ist ohne Umlagerung des Patienten bereits während der Übernahme des Patienten durch den Intensivmediziner möglich und verursacht keine Strahlenbelastung der meist jungen Polytraumapatienten. Im Schockraum wird häufig die sogenannte FAST (Focused Abdominal Sonography for Trauma) angewendet, die entwickelt wurde, um nach freier Flüssigkeit zu suchen. Dabei werden vier anatomische Bereiche untersucht, nämlich der rechte Oberbauch (zwischen Leber und rechter Niere), der linke Oberbauch (parasplenisch und links pararenal), suprapubisch (paravesical) und unterhalb des Xyphoids (Perikard)[37-40]. Allerdings ist es mit der FAST nur möglich freie Flüssigkeit nachzuweisen. Die Diagnostik von Organverletzungen in der Sonografie nimmt mehr Zeit in Anspruch und ist nur dem geübten Untersucher möglich. Selbst dann ist der Nachweis von Organverletzungen schwierig. Die Methode ist stark vom Untersucher und den Umgebungsbedingungen abhängig. Im Schockraum und auf der Intensivstation ist es häufig hell, die Patienten sind häufig nicht in der Lage mitzuarbeiten und die Sicht kann durch oberflächliche Verletzungen, Verbände und Darmgasüberlagerung stark eingeschränkt sein.

Die Abdomensonografie wird in der aktuellen Leitlinie Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie [41] nach einer CT-Untersuchung im Schockraum zur Verlaufskontrolle empfohlen, um primär nicht diagnostizierte Verletzungen bzw. einen Verletzungsprogress zu zeigen bzw. auszuschließen. Dies ist wichtig, da abdominelle Organverletzungen zunehmend konservativ behandelt werden können [42-45]

## **2. Fragestellung**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zu evaluieren wie weit eine routinemäßige Kontrollsonografie nach Abdomen-CT im Schockraum richtungsweisend für die Diagnostik sekundär auftretender Pathologien sein kann. Es soll die Hypothese geprüft werden, dass mit Einführung der MDCT in der Schockraumdiagnostik keine relevanten Verletzungen mehr initial übersehen werden. Somit wäre keine Verlaufskontrolle mittels Abdomensonografie mehr erforderlich. Hierfür wird ein Vergleich Schockraum-CT versus Kontrollsonografie auf der Intensivstation bezüglich freier Flüssigkeit und Organverletzungen vorgenommen und ausgewertet, in wie vielen Fällen die Kontrollsonografie neue Befunde erbringt.

Außerdem soll die Frage geklärt werden, ob einzelne Laborparameter oder klinische Parameter, die alle routinemäßig auf der Intensivstation bestimmt werden, eine Kontrollbedürftigkeit mittels Abdomensonografie anzeigen und ob sich einzelne Parameter bei Patienten mit pathologischem Schockraum-CT und Patienten mit unauffälligem Abdomen-CT signifikant unterscheiden.

In Abhängigkeit von den Ergebnissen soll ein Algorithmus für die abdominelle Folgediagnostik bei Polytraumapatienten aufgestellt werden.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Patientenkollektiv

Das untersuchte Kollektiv setzt sich aus Patienten zusammen, die von Januar 2002 bis Juni 2004 im Schockraum der Chirurgischen Klinik und Poliklinik Innenstadt des Klinikums der Ludwig Maximilians Universität München nach einem schweren Trauma behandelt wurden.

Die Kriterien für eine Behandlung im Schockraum sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Alle Patienten wurden mittels Abdomen-CT und Sonografie untersucht. Die initiale Ultraschalluntersuchung fand sofort im Schockraum statt, es folgten Kontrollsonografien nach 6 und/oder 24 Stunden.

Unfallart	Verkehrsunfall	Fußgänger oder Radfahrer von Auto erfasst
		Auto- oder Motorradkollision bei hoher Geschwindigkeit
		Auto überschlagen
		Tod eines anderen Insassen
		aus dem Auto herausgeschleudert worden
	Sturz	Sturzhöhe > 5m unbekannte Sturzhöhe
Verletzungsart	Explosion	
	unklarer Unfallhergang	
	penetrierende Verletzung	Schussverletzung Stichverletzung
	Thorax eröffnet	
	instabile Beckenfraktur	
Vitalparameter	Extremitätenfrakturen	Frakturen von mehr als einem langen Röhrenknochen proximale Amputation
	Rippenserienfraktur in Kombination mit zusätzlichen Verletzungen	
Vitalparameter	Glasgow Coma Scale <10	
	systolischer Blutdruck <80mmHg	
	Atemfrequenz < 10 oder >29/min	
	PO2 < 90% (< 85% bei Patienten >75 Jahre)	

**Tabelle 5:** Kriterien für die Behandlung im Schockraum [9]

### **3.2 Einschlusskriterien**

In die Studie eingeschlossen wurden Patienten, bei denen alle Kontrollsonografien durchgeführt wurden und die anschließend für mindestens 24 Stunden intensivpflichtig waren. Auf der Intensivstation wurden die für die Studie notwendigen klinischen und Laborparameter in regelmäßigen Abständen bestimmt und dokumentiert.

### **3.3 Diagnostik**

Die Patienten wurden unmittelbar nach ihrer Ankunft im Schockraum untersucht:

1. Sonografie des Abdomens
2. Ganzkörper Spiral-CT

Das Schockraum-Standard-CT-Protokoll umfasst eine native Schädel-CT, eine kontrastmittelverstärkte Thorax-CT unter Einschluss des Halses und der HWS und eine Abdomen-CT mit intravenösem Kontrastmittel.

Die CT-Bilder wurden unmittelbar nach der Aufnahme vom diensthabenden Radiologen beurteilt und die Befunde wurden sofort dem Leiter des Schockraumteams mündlich mitgeteilt. Ein vorläufiger schriftlicher Befund wurde sofort ausgestellt, der endgültige Befund wurde innerhalb von 12 Stunden von einem Facharzt für Radiologie erstellt. Diese schriftlichen Befunde wurden für unsere Auswertung herangezogen.

Die Einteilung der Leber- und Milzverletzungen erfolgte nach unten stehendem Schema (siehe Tab. 6 und 7):

Grad	Verletzung	Beschreibung
I	Hämatom	subkapsulär, nicht expansiv, <10 % der Oberfläche
	Lazeration	Kapselriss, keine Blutung, <1 cm Parenchymtiefe
II	Hämatom	subkapsulär, nicht expansiv, 10-50 % der Oberfläche intraparenchymal, <2 cm Durchmesser, nicht expansiv
	Lazeration	Kapselriss, aktive Blutung, 1-3 cm Parenchymtiefe
III	Hämatom	subkapsulär, >50 % Oberfläche oder expansiv rupturiertes subkapsuläres Hämatom mit aktiver Blutung intraparenchymatös, >2 cm im Durchmesser oder expansiv, mehrere Grad-I- oder Grad-II-Verletzungen
	Lazeration	> 3 cm Parenchymtiefe
IV	Hämatom	rupturiertes intraparenchymatöses Hämatom mit aktiver Blutung
	Lazeration	Einbeziehung der Hilusgefäße mit Perfusionsstörung > 25 %
V	Hämatom	Milzruptur
	Lazeration	Hilusgefäßverletzung mit devaskulierter Milz

**Tabelle 6:** Schweregrad der Milzverletzung (Organ Injury Scale-AAST; modifiziert nach Federle et al. 1998) [32]

Grad	Verletzung	Beschreibung
I	Hämatom	subkapsulär, <10 % Oberfläche
	Lazeration	Kapselriss, <1 cm Parenchymtiefe
II	Hämatom	subkapsulär, 10-50 % Oberfläche intraparenchymal, < 10 cm Durchmesser
	Lazeration	1-3 cm Parenchymtiefe, < 10 cm Länge
III	Hämatom	subkapsulär, >50 % Oberfläche oder expansiv rupturiertes Parenchym oder subkapsuläres Hämatom intraparenchymales Hämatom >10 cm oder expansiv
	Lazeration	> 3 cm Parenchymtiefe
IV	Lazeration	Parenchymverletzung von 25 – 75 % eines Lappens oder 1-3 Segmente (nach Cuinaud) in einem Lappen
V	Hämatom	Parenchymverletzung von > 75 % eines Lappens oder > 3 Segmente (nach Cuinaud) in einem Lappen
	vaskulär	juxtahepatische Venenverletzung, z.B. retrohepatisch Hohlvene/zentrale Hauptvenen
VI	vaskulär	Leberzerstörung

**Tabelle 7:** AAST Lebertrauma-Score (1994 Revision) [32]



### 3.4 Geräte

Alle Ultraschalluntersuchungen wurden mit mobilen Ultraschallgeräten durchgeführt (EnVisor C, Philips Medical Systems, Best, Niederlande). Die Abdomen-CT wurde mit einem 4-Zeilen-Spiral-CT durchgeführt (Somatom Volume Zoom, Siemens, Erlangen, Deutschland). Die Abdomen-CT wurde 75 Sekunden nach Injektion des Kontrastmittels (300mg Jod/ml, 2ml/kg Körpergewicht, Injektionsgeschwindigkeit 2,5-3,5 ml/s, kein orales Kontrastmittel) gestartet.

### 3.5 Klinische Parameter und Laborbefunde:

Neben den oben beschriebenen Kontrollsonografien wurden eine Reihe von klinischen Parametern aus dem Apache-Score in den ersten 24h nach dem Trauma aus den Krankenakten der Intensivstation bestimmt und ausgewertet: Hämoglobinwert, Körpertemperatur, Leukozytenzahl, MAP, Herzfrequenz, Katecholaminpflichtigkeit, Intubationspflichtigkeit, Natriumspiegel, Kaliumspiegel, Transfusionspflichtigkeit und Hämatokritwert. Bei allen Parametern wurden Werte über- bzw. unter dem Grenzwert des Hauslabors als pathologisch gewertet. Dies sind im Einzelnen:

Parameter	als patholog. gewertet	Normbereich
Hämoglobinwert	< 14.0g/dl	14,0 – 17,5g/dl
Körpertemperatur	> 38 °C rektal	
Leukozytenzahl	>11,3 x10 <sup>3</sup> /µl	4,0 – 11,3 10 <sup>3</sup> /µl
Blutdruck	durchschnittlicher mittlerer arterieller Druck (MAP) <90 mmHg	
Herzfrequenz	Tachykardie: >80 Schläge/min Bradykardie: < 60 Schläge/min	
Natriumspiegel	Hypernatriämie > 144 mmol/l, Hyponatriämie < 135 mmol/l	135 – 148 mmol/l
Kaliumspiegel	Hyperkaliämie >4,8 mmol/l	3,5 – 5,4 mmol/l
Hämatokrit	< 36% bei Frauen <40% bei Männern	36,0 – 48,0 %

**Tabelle 8:** Ausgewertete klinische und Laborparameter

Diese Parameter wurden gewählt, da es sich um Routineparameter handelt, die bei allen Patienten mehrfach bestimmt wurden und die mit den klinischen Parametern des Acute Physiology Score weitgehend übereinstimmen, der für die Berechnung des APACHE-Scores verwendet wird.

### **3.6 Auswertung**

Die Patienten wurden in zwei Gruppen geteilt: Patienten mit auffälliger initialer Abdomen-CT und Patienten mit unauffälliger initialer Abdomen-CT.

In jeder dieser Patientengruppen wurden Kollektive gebildet, bei denen die oben genannten Parameter auffällig waren. In jedem dieser Kollektive wurde untersucht, ob die Kontrollsonografie einen neuen relevanten Befund erbrachte. Zur Klärung, ob sich beide Gruppen hinsichtlich des Auftretens eines der klinischen Parameter signifikant unterscheiden, oder ob bei Patienten beider Gruppen, die bezüglich eines klinischen Parameters auffällig wurden signifikant öfter neue pathologische Befunde in der Kontrollsonografie auftraten.

Hierbei wurde für die statistische Auswertung der Fischer Exact Test verwendet.

Die Befunde der Kontrollsonografien wurden mit den Befunden der CT-Untersuchung des Abdomens verglichen. Als relevanter neuer Befund wurden Befunde definiert die in Zusammenhang mit dem Trauma stehen.

Alle intraabdominellen traumatischen Organverletzungen sowie die Detektion freier Flüssigkeit galten als initial auffällige Befunde.

Als Informationsquellen dienten die CT-Befunde, Sonografiebefunde aus dem RIS-System, OP-Berichte Arztbriefe und Entlassungsdiagnosen aus den Krankenakten sowie die Patientenkurve aus den Krankenakten der Intensivstation.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Demografische Daten

Im untersuchten Zeitraum wurden 193 Patienten untersucht, davon 54 (28%) Frauen und 139 (72%) Männer mit einem durchschnittlichen Alter von 43,2 (min.16/max.92) Jahren.

Die Einschlusskriterien erfüllten 44 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 42,3 Jahren, darunter 16 (36,4%) Frauen und 28 (63,6%) Männer. Davon wurden 24 Patienten der Gruppe 1 mit unauffälligem Abdomen-CT zugeordnet. Das Durchschnittsalter beträgt 47,1 (21-90) Jahre. 20 Patienten bilden die Gruppe 2 mit pathologischem Abdomen CT. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe beträgt 36,6 (16-71) Jahre.

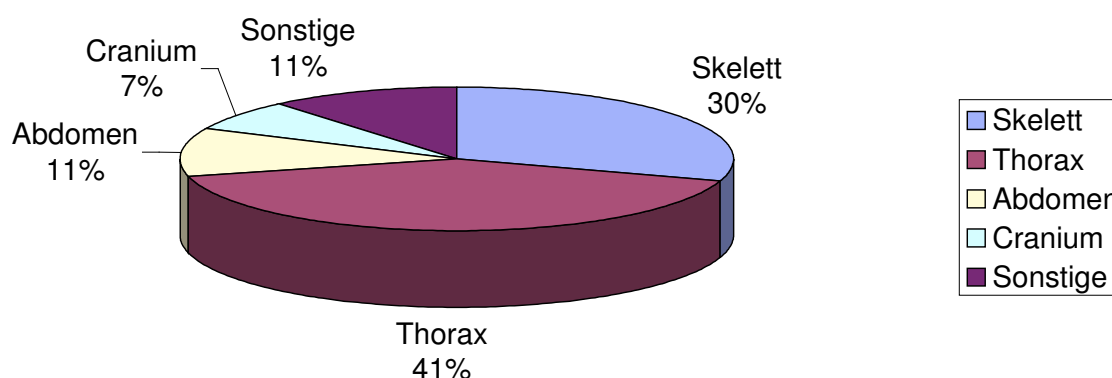
Ausschlusskriterien waren eine unvollständige Dokumentation von Untersuchungsergebnissen, eine unvollständige Dokumentation von klinischen Parametern auf der Intensivstation sowie Versterben innerhalb von 24h oder eine zu geringe Verletzungsschwere, die zu einer Aufnahme auf eine Normalstation führte.

### 4.2 Verletzungsmuster und Verletzungsschwere

Der durchschnittliche GCS lag bei 12,6.

Der Durchschnittliche ISS bei 26.

In Abbildung 3 und Tabelle 4 sind die Verletzungen nach Körperregionen zusammengefasst, die in unserem Patientenkollektiv diagnostiziert wurden:



**Abb. 3:** Verletzungshäufigkeit nach Körperregionen

<b>Skelett</b>	<b>Thorax</b>		<b>Abdomen</b>		<b>Cranium</b>		<b>Sonstiges</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>n=53</b>	<b>Gesamt</b>	<b>n=73</b>	<b>Gesamt</b>	<b>n=20</b>	<b>Gesamt</b>	<b>n=12</b>	<b>Gesamt</b>	<b>n=18</b>
<b>(Gesamtanteil</b>	<b>30%)</b>	<b>(Gesamtanteil</b>	<b>41%)</b>	<b>(Gesamtanteil</b>	<b>11%)</b>	<b>(Gesamtanteil</b>	<b>7%)</b>	<b>(Gesamtanteil</b>	<b>11%)</b>
<b>Verletzungen</b>	<b>n</b>	<b>Verletzungen</b>	<b>n</b>	<b>Verletzungen</b>	<b>n</b>	<b>Verletzungen</b>	<b>n</b>	<b>Verletzungen</b>	<b>n</b>
<b>relativer Anteil</b>	<b>(%)</b>	<b>relativer Anteil</b>	<b>(%)</b>	<b>relativer Anteil</b>	<b>(%)</b>	<b>relativer Anteil</b>	<b>(%)</b>	<b>relativer Anteil</b>	<b>(%)</b>
Wirbelkörperfrakturen	18 (34)	Pulmonale Verletzungen	29 (39)	Milz-Verletzungen	9 (45)	Schädel-Hirn-Verletzungen	12 (10)	Mittelgesichtsfrakturen	11 (53)
Beckenfrakturen	13 (25)	Rippen-/Rippenserienfrakturen	22 (31)	Leber-Verletzungen	5 (25)			Weichteilverletzungen	3 (26)
Frakturen der oberen Extremität/ Schulter	8 (15)	Skapulafrakturen	8 (11)	Verletzungen von Niere und Blase	3 (15)			Gefäß-Verletzungen	3 (26)
Frakturen der unteren Extremitäten Luxationen	5 (9) 5 (9)	Klavikulafrakturen	4 (5)	Pankreas-Verletzungen	1 (5)			Unterkieferfrakturen	1 (5)
Frakturen des Os sacrum	4 (8)	Sternumfrakturen	4 (5)	Nebennieren-Verletzungen	1 (5)				
		Pleuraergüsse	2 (3)	Zwerchfellrupturen	1 (5)				
		Perikardverletzungen	2 (3)						
		Hämatothorax	2 (3)						

**Tabelle 9:** Zusammenfassung der gefundenen Verletzungen

### 4.3 Auswertung MDCT

#### **Gruppe 1:**

Von den 44 polytraumatisierten Patienten hatten 24 (54,5%) eine initial unauffällige Abdomen-CT. Diese Patienten bilden die Gruppe 1. In dieser Gruppe kam es bei fünf Patienten zu einem Abfall des Hämoglobinwertes unter 14,0 g/dl in den ersten 24h nach dem Trauma. Alle fünf Patienten wiesen extraabdominelle Verletzungen auf. Sechs Patienten der Gruppe 1 zeigten einen Temperaturanstieg über 38°C rektal in den ersten 24h. Fünf dieser Patienten wiesen extraabdominelle Verletzungen auf. Zwölf Patienten hatten eine Leukozytose, von denen elf Patienten eine extraabdominelle Verletzung hatten. Elf der 24 Patienten hatten einen durchschnittlichen MAP < 90 mmHg, bei zehn dieser Patienten wurden extraabdominelle Verletzungen nachgewiesen. 13 Patienten waren in den ersten 24h tachykard und ein Patient bradykard. Elf dieser Patienten hatten extraabdominelle Verletzungen. 15 Patienten waren katecholaminpflichtig, wobei alle extraabdominelle Verletzungen aufwiesen. 16 Patienten der Gruppe 1 waren intubiert und beatmet. 15 dieser Patienten hatten extraabdominelle Verletzungen. Bei acht Patienten trat eine Hypernatriämie auf, von denen sieben Patienten mindestens eine extraabdominelle Verletzung hatten. Ein Patient, bei dem ebenfalls eine extraabdominelle Verletzung vorlag, entwickelte eine Hyperkaliämie. Insgesamt benötigten sieben Patienten innerhalb der ersten 24h eine Transfusion, alle Patienten hatten extraabdominelle Verletzungen. 19 Patienten, die ebenfalls alle extraabdominelle Verletzungen aufwiesen, hatten einen erniedrigten Hämatokritwert.

#### **Gruppe 2:**

Bei 20 (45,5%) der 44 Patienten wurde in der initialen Abdomen-CT eine abdominelle Verletzung nachgewiesen. Drei Patienten zeigten in den ersten 24h einen Abfall des Hämoglobinwertes. Zwei dieser Patienten hatten zusätzlich extraabdominelle Verletzungen. Fünf Patienten entwickelten Fieber, alle wiesen zusätzlich extraabdominelle Verletzungen auf. Bei 15 Patienten wurde eine Leukozytose nachgewiesen, zwölf dieser Patienten hatten ebenfalls extraabdominelle Verletzungen. Ein MAP < 90 mmHg wurde bei 17 Patienten gemessen, von denen 14 Patienten auch extraabdominelle Verletzungen hatten. 14 Patienten waren tachykard, zwölf dieser Patienten hatten zusätzlich extraabdominelle Verletzungen. 14 Patienten der Gruppe 2 waren intubationspflichtig, zwölf Patienten hatten ebenfalls extraabdominelle Verletzungen. Zwölf Patienten benötigten in den ersten 24h Katecholamine, wobei 10 dieser Patienten zusätzlich extraabdominelle Verletzungen hatten. Sechs Patienten entwickelten eine Hypernatriämie, die alle auch extraabdominelle Verletzungen hatten. Ein

Patient ohne extraabdominelle Verletzung hatte eine Hyponatriämie. Drei Patienten hatten eine Hyperkaliämie, von denen zwei auch extraabdominelle Verletzungen hatten. Ein Patient ohne extraabdominelle Verletzung hatte eine Hypokaliämie. Sieben Patienten benötigten in den ersten 24h eine Transfusion, sechs dieser Patienten hatten zusätzlich extraabdominelle Verletzungen. 17 Patienten wiesen einen erniedrigten Hämatokritspiegel auf, von denen 14 Patienten auch extraabdominelle Verletzungen hatten.

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	Extraabdominelle Verletzung	Keine extraabdominelle Verletzung	Extraabdominelle Verletzung	Keine extraabdominelle Verletzung
Klinische Parameter:	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
1. Tachykardie	10 (45)	2 (100)	12 (71)	2 (67)
2 Bradykardie	1 (4,5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
3 Katecholaminbedarf	14 (64)	0 (0)	10 (59)	2 (67)
4 Intubationspflichtigkeit	15 (68)	1 (50)	10 (59)	2 (67)
5 Hypotonie	9 (41)	1 (50)	13 (76)	3 (100)
6 Transfusionsbedarf	7 (32)	0 (0)	6 (35)	1 (33)
7 Hb-Abfall	5 (23)	0 (0)	2 (12)	1 (33)
8 Hämatokrit-Abfall	11 (50)	0 (0)	14 (82)	3 (100)
9 Hypernatriämie	6 (27)	1 (50)	5 (29)	0 (0)
10 Hyponatriämie	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (33)
11 Hyperkaliämie	1 (4,5)	0 (0)	2 (12)	1 (33)
12 Hypokaliämie	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)
13 Leukozytenanstieg	11 (50)	1 (50)	11 (65)	3 (100)
14 Temperaturanstieg	5 (23)	1 (50)	5 (29)	3 (100)

**Tabelle 10:** Häufigkeit pathologischer Parameter

	Patienten mit unauffälliger Abdomen-CT		Patienten mit pathologischer Abdomen-CT		P- Wert
	n	%	n	%	
Katecholamine	15/24	62,5	12/20	60,0	1,00
Intubation	16/24	66,7	14/20	70,0	1,00
Transfusion	7/24	29,2	7/20	35,0	0,75
Hämoglobin	5/24	20,8	3/20	15,0	0,71
Temperatur	6/24	25,0	5/20	25,0	1,00
Hämatokrit	19/24	79,2	17/20	85,0	0,71
MAP	11/24	45,8	17/20	85,0	<b>0,01</b>
Tachykardie	14/24	58,3	14/20	70,0	0,36
Bradykardie	1/24	4,2	0/20	0,0	1,00
Hypernatriämie	8/24	33,3	6/20	30,0	1,00
Hyponatriämie	0/24	0,0	1/20	5,0	0,45
Hyperkaliämie	1/24	4,2	1/20	5,0	0,32
Hypokaliämie	0/24	0,0	1/20	5,0	0,45
Leukozytose	12/24	50,0	15/20	75,0	0,12

**Tabelle 11:** Auswertung der klinischen Parameter in den einzelnen Gruppen mittels Fisher Exact Test

Alle Patienten in Gruppe 2 zeigten auffällige klinische Parameter. In Gruppe 1 zeigten alle Patienten außer einem auffällige klinische Parameter.

Die Patienten mit pathologischem Abdomen-CT scheinen ein höheres Risiko für einen erniedrigten MAP zu haben. Bei den übrigen Parametern ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Ausprägung und dem Auftreten der klinischen Parameter.

#### **4.4 Auswertung Ultraschall**

##### **Gruppe 1:**

Die Konkordanz der Befunde der Ultraschalluntersuchungen nach 6 Stunden und nach 24 Stunden lag bei 100% in der Patientengruppe 1.

In dieser Patientengruppe wurden in den Kontrollsonografien keine neuen Befunde im Vergleich zur initialen Abdomen-CT gefunden.

### Gruppe 2:

In der Patientengruppe mit pathologischem MDCT wurde bei einem Patienten im 6-Stunden-Ultraschall eine geringe Menge freier Flüssigkeit beschrieben, die sich im Ultraschall 24 Stunden nach dem Trauma nicht mehr nachweisen ließ. Bei zwei Patienten (8%) wurde in der 24 Stunden Kontrollsonografie freie Flüssigkeit beschrieben, die in der Kontrollsonografie 6 Stunden nach dem Trauma nicht beschrieben war. Bei den Patienten mit bereits nachgewiesenen Organverletzungen gab es keine diskordanten Befunde.

#### Freie Flüssigkeit:

Bei 13 (29,5%) Patienten wurde in der initialen Abdomen-CT freie Flüssigkeit nachgewiesen, bei neun (20,5%) Patienten wurde dieser Befund auch im Ultraschall gesehen.

Damit lag die Sensitivität der Sonografie nur bei 60% bezüglich freier Flüssigkeit

31 Patienten zeigten keine freie Flüssigkeit im CT, bei 28 Patienten wurde dieser Befund im Ultraschall bestätigt, bei drei Patienten wurde allerdings in der Kontrollsonografie freie Flüssigkeit beschrieben, die im initialen CT nicht beschrieben wurde.

Bei zwei dieser Patienten konnte eine Kontroll-CT diesen Befund bestätigen. Allerdings wurde bei diesen Patienten auch in der CT keine Verletzung diagnostiziert, die den Befund erklären konnte. Vermutlich handelt es sich um unspezifische Befunde, die nicht als Traumafolge zu werten sind. Deshalb wurden sie in der Auswertung nicht als „neuer pathologischer Befund“ gewertet. Bei dem dritten Patienten wurde keine Kontroll-CT durchgeführt. Mutmaßlich aufgrund der klinischen Stabilität und der nur geringen Menge an freier Flüssigkeit laut Sonografiebefund.

	CT positiv	CT negativ	
Kontrollsonografie positiv	9	3	12
Kontrollsonografie negativ	4	28	32
	13	31	

**Tabelle 12:** 4-Felder-Tafel für freie Flüssigkeit



**Milzverletzung:**

Bei 9 (20,5%) Patienten wurden Milzverletzungen im CT diagnostiziert, bei zwei Patienten wurde unmittelbar nach dem CT eine Splenektomie durchgeführt.

Von den übrigen sieben Patienten konnte die Verletzung nur bei drei Fällen auch im Ultraschall nachgewiesen werden (eine Grad II Ruptur, ein Grad II Hämatom und eine Grad III Ruptur, alle nach stumpfem Bauchtrauma).

Somit wurde die Verletzung in 4 Fällen, also bei 57% aller Patienten, die eine Milzverletzung hatten und bei denen eine Kontrollsonografie durchgeführt wurde in der Sonografie nicht diagnostiziert. Hierbei handelt es sich um zwei Grad I Hämatome, ein Grad II Hämatom und eine Grad II Ruptur, alle nach stumpfem Bauchtrauma. Bei den 35 Patienten ohne Milzverletzung zeigten die Sonografien keinen falsch positiven Befund.

A



B

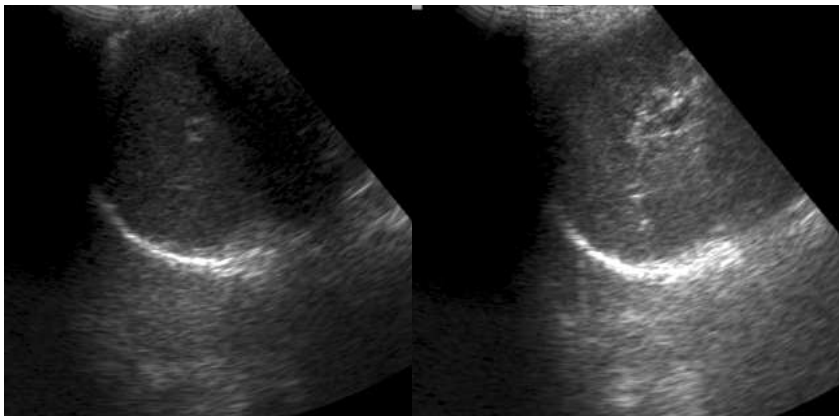


**Abb. 4:** **A:** 36 jähriger Bauarbeiter, nach linksseitigem Abdominaltrauma. Das CT zeigt eine Grad III Milzruptur mit umgebender freier Flüssigkeit (links, MSCT mit Kontrastmittel, portalvenöse Phase). **B:** Die Diagnose konnte in der Sonografie bestätigt werden. (Rechts, Ultraschallbild, Sagittalschnitt).

A



B



**Abb. 5:** A: 50 jährige Patientin, nach Autounfall. Das CT zeigt eine hypodense Milzläsion, die einer Grad I Milzruptur entspricht mit geringen Mengen freier Flüssigkeit (oben, MSCT mit Kontrastmittel portalvenöse Phase). Trotz guter Schallbedingungen war es nicht möglich, die Milzläsion oder die geringe Menge freie Flüssigkeit im Ultraschall zu diagnostizieren (unten, Ultraschall, Sagittalschnitte).

	CT positiv	CT negativ	
Kontrollsonografie positiv	3	0	3
Kontrollsonografie negativ	4	35	39
	7	35	

**Tabelle 13:** 4-Felder-Tafel für Milzverletzung

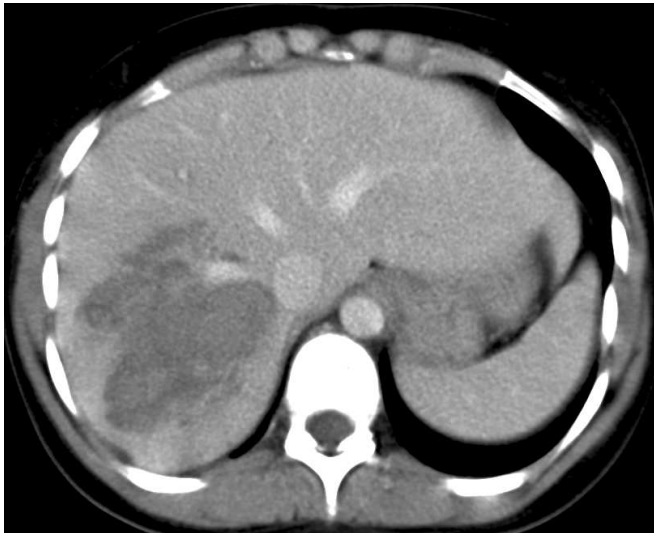
Leberverletzung:

Bei fünf von 44 Patienten wurden im initialen Abdomen-CT Leberverletzungen nachgewiesen, nur bei zwei Patienten konnte diese Verletzung auch in den Kontrollsonografien dargestellt werden (ein Grad II und ein Grad III Hämatom, beide nach stumpfem Bauchtrauma). Bei drei von fünf Patienten konnte die Verletzung im Ultraschall nicht nachgewiesen werden (eine Grad III Ruptur nach Messerstich und zwei Grad III Hämatome nach stumpfem Bauchtrauma).

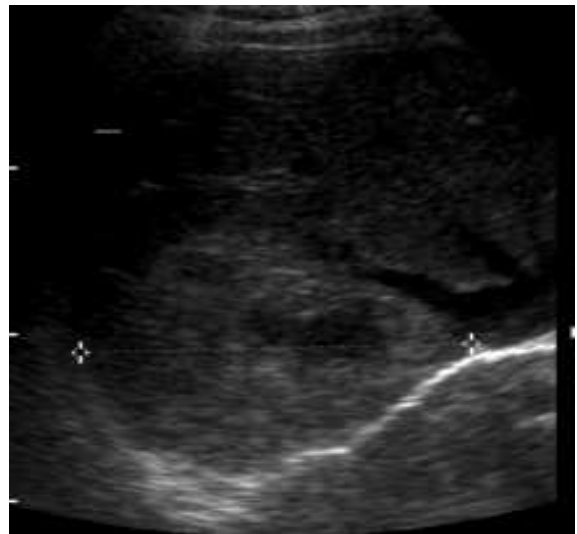
	CT positiv	CT negativ	
Kontrollsonografie positiv	2	0	2
Kontrollsonografie negativ	3	39	42
	5	39	

**Tabelle 14:** 4-Felder-Tafel für Leberverletzung

A



B



**Abb. 6:** **A:** Initiale Abdomen- MSCT mit Kontrastmittel, portalvenöse Phase eines 47 jährigen Patienten, nach Motorradunfall, zeigt eine hypodense Läsion des rechten Leberlappens, der einer Grad III Leberverletzung entspricht.

**B:** In der Sonografie wurde sechs Stunden später auf der Intensivstation eine konstante Größe der Läsion diagnostiziert (Ultraschallbild, Querschnitt).

Bei drei Patienten konnten Verletzungen des Pankreas (n=1), der Nebenniere (n=1) und der Harnblase in der Kontrollsonografie nicht dargestellt werden.

## 5. Diskussion

In unserer Untersuchung zeigte die Abdomen-CT bei 20 Patienten einen pathologischen Befund. Es wurden Verletzungen von Leber, Milz, Pankreas, Nieren und Nebennieren erkannt, aber auch Verletzungen der Blase und des Zwerchfells. Zusätzlich wurden ossäre Verletzungen im Bereich der mit abgebildeten Skelettanteilen diagnostiziert, darunter Beckenfrakturen, Frakturen des Os sacrum und Wirbelkörperfrakturen. Freie Flüssigkeit wurde bei 9 Patienten detektiert auch in den Fällen, bei denen es sich nur um geringe Mengen handelte. In unserer Untersuchung wurde keine klinisch relevante Verletzung im CT übersehen.

Damit bestätigt sie die gängige Literatur, in der die CT als zuverlässige Standardmethode im Schockraum etabliert ist.

Die meisten Autoren plädieren für den Einsatz einer Ganzkörper - CT bereits in der initialen Diagnostik, v.a. bei kreislaufstabilen Patienten, denn sie bietet die Möglichkeit alle lebensbedrohlichen Verletzungen mit der höchsten Sensitivität und Spezifität in kurzer Zeit zu diagnostizieren [9]. Meist ist eine CCT oder eine CT des Thorax erforderlich, wodurch eine CT des Abdomens ohne weitere Umlagerung und Transport des Patienten möglich wird. Deshalb sollte auf den Informationsgewinn nicht verzichtet werden, auch wenn sich daraus primär nicht immer eine Therapieänderung ergibt [46]. Dieses Vorgehen entspricht gängiger klinischer Praxis und wird durch zahlreiche Studien gestützt.

Ein Hämoperitoneum ist leicht zu diagnostizieren, ebenso wie Verletzungen der Gallenblase und des Zwerchfells. Die CT ist zuverlässig in der Lage intraperitoneales Blut von retroperitonealem Blut zu unterscheiden. Außerdem ist es möglich Blut von Aszites, Ansammlungen von Urin nach einer Blasenruptur, oder Gallenflüssigkeit nach einer Gallenblasenruptur zu unterscheiden. Die CT zeigt ebenfalls aktive Blutungen durch extravasale Kontrastmittelansammlungen und Magen- oder Darmrupturen durch Ansammlungen von oralem Kontrastmittel [47].

Poletti et al. bezeichnen in ihrer Studie das MSCT als unübertroffen, speziell für die Diagnostik der Bauchverletzungen. Es hat eine hohe Sensitivität bei der Diagnostik von parenchymatösen Verletzungen der Milz und der Leber. Die Milz war bei einem Drittel der Patienten verletzt, die ein stumpfes Bauchtrauma erlitten hatten. In der Studie wurden mittels CT 98% dieser Verletzungen korrekt nachgewiesen. Auch die Lokalisation und Ausdehnung von Leberverletzungen ließ sich mittels MSCT sicher diagnostizieren. Beim Nachweis von Verletzungen des Gastrointestinaltraktes erreichte die CT eine Sensitivität bis 99% in einem

retrospektiv beurteilten Kollektiv von 260 Patienten [25]. Ähnlich gute Ergebnisse erbrachte eine aktuelle Studie von Prokop et al., die bei 100 Schwerverletzten zeigen konnten, dass die initiale CT-Untersuchung alle relevanten Verletzungen darstellte und die mittlere Aufenthaltsdauer im Schockraum fast halbiert wurde [34]. Wintermark et al. sehen in der MSCT den "Goldstandard" der Bildgebung beim Polytraumapatienten, da es die Beurteilung von Kopf, Thorax und Abdomen in der kürzesten Zeit erlaubt [16].

Zusätzlich zeigt eine Studie von Fang et al. 2006, dass die CT wichtige Informationen für die Entscheidung: Notoperation vs. nichtoperatives Management von Abdomenverletzungen liefert [48]

Obwohl das MDCT in der Literatur einen schnellen und exakten Verletzungsnachweis ermöglicht wird weiterhin kontrovers diskutiert, bei welchen Patienten ein Einsatz der CT-Untersuchung bereits in der Initialdiagnostik sinnvoll ist.

Viele Autoren plädieren für den Einsatz der CT nur bei kreislaufstabilen Patienten. Rhea et al. verglichen die CT- Untersuchung und die Abdomensonografie in der Primärdiagnostik bei Patienten nach abdominellem Trauma. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Stärken und Schwächen der einzelnen Methoden geben die Autoren der CT- Untersuchung den Vorzug bei Patienten, die hämodynamisch zumindest so stabil sind, dass sie in den CT- Raum transportiert werden können [49]. Shuman et.al sehen die Indikation zur Abdomen-CT auch bei grenzwertig instabilen Patienten nach stumpfem Bauchtrauma [50]. In einer Studie mit 60 polytraumatisierten Patienten mit stumpfem Bauchtrauma zeigte sich ebenfalls die immense Bedeutung der CT- Diagnostik. Die Patienten wurden im Schockraum sonografiert und dann - meist im Anschluss an eine ohnehin indizierte Schädel- bzw. Thorax-CT - der Spiral-CT des Abdomens zugeführt. Dokumentiert wurden die initialen sonografischen und computertomografischen Befunde sowie die therapeutischen Konsequenzen sofort, nach einem Tag, nach drei Tagen und nach einer Woche. Es zeigte sich, dass die Spiral-CT bei 22 (37%) Patienten therapierelevante Zusatzinformationen lieferte. Dabei handelte es sich um Verletzungen der Leber, der Milz, sowie Nieren- und Hohlorganverletzungen und Gefäßrupturen. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Spiral-CT die primäre und gleichzeitig definitive Abklärung des stumpfen Bauchtraumas liefert [51].

Viele Autoren plädieren aufgrund der heute deutlich kürzeren Scanzeit und der Möglichkeit der MPR für den Einsatz der MSCT als wesentliches diagnostisches Instrument bereits während des 1. Behandlungsabschnitts (primary survey) [31]. Körner et al. entwickelten ein spezielles Schockraumprotokoll für die MSCT, das die Untersuchungszeit weiter verkürzt und

einen höheren Patientendurchsatz erreichte. So betrug in dieser Studie mit dem neuen Schockraumprotokoll die Gesamtaufenthaltszeit im CT-Raum durchschnittlich nur 8,9 min bei der Vergleichsgruppe mit dem konventionellen Protokoll lag sie noch bei 25,3min.

Welcher Patient „hinreichend“ kreislaufstabil für die Durchführung einer MSCT ist, muss derzeit noch individuell vom Leiter des Traumateams entschieden werden, da es in der Literatur dazu noch keine einheitliche Meinung gibt [33].

Trotz der zuverlässigen Primärdiagnostik ist es nötig eine Methode zu entwickeln, um das Fortschreiten einer Verletzung zu erkennen und den Zeitpunkt festzulegen, wann eine weitere Diagnostik, eine unverzügliche Intervention oder chirurgische Therapie erforderlich ist.

Die Überwachung der Polytraumapatienten basiert im Wesentlichen auf der Beurteilung des klinischen Zustandes, Labortests und der Sonografie auf der Intensivstation.

Das Konzept der Kontrollsonografie des Abdomens bei Polytraumapatienten wurde eingeführt, um initial übersehene Verletzungen zu diagnostizieren, oder erst im Verlauf auftretende freie Flüssigkeit nachzuweisen. Das Konzept stammt aus der Zeit des Einzeilen-Spiral-CT. Mit der Einführung des MSCT, das nach einheitlicher Meinung der gängigen Literatur in der Lage ist, praktisch alle relevanten Verletzungen bereits im Schockraum zu diagnostizieren, stellt sich nun die Frage nach dem Stellenwert der Kontrollsonografien beim Monitoring der Schockraumpatienten auf der Intensivstation.

In unserer Untersuchung wurden in der Kontrollsonografie eine relevante Anzahl bereits aus der initialen CT bekannter Befunde nicht nachgewiesen. So lag die Sensitivität bezüglich freier Flüssigkeit nur bei 70%. Bei einer Spezifität von 90%. Bei drei Patienten wurde in der Kontrollsonografie freie Flüssigkeit nachgewiesen, die im initialen Abdomen-CT nicht sichtbar war. Eine Kontroll-CT konnte bei zwei dieser Patienten den Befund bestätigen, allerdings keine abdominelle Verletzung als Ursache erkennen. Die Patienten blieben im Verlauf klinisch stabil, sodass es sich wahrscheinlich um unspezifische Befunde handelt, die nicht im Zusammenhang mit dem Trauma zu sehen sind.

Von den Organverletzungen konnten in der Kontrollsonografie nicht einmal die Hälfte nachgewiesen werden. Bei 4 Patienten wurden Milzverletzungen nicht detektiert (57% der Milzverletzungen) und bei 3 Patienten konnten Leberverletzungen nicht nachgewiesen werden (60% der Leberverletzungen).

Eine mögliche Ursache für die Limitationen der Kontrollsonografie auf der Intensivstation sind die dort herrschenden Untersuchungsbedingungen. Häufig ist es zu hell. Das Gesichtsfeld

wird durch Fremdmaterial wie zentrale Venenkatheter und/oder arterielle Katheter sowie durch Verbände eingeschränkt. Außerdem sind die Patienten häufig nicht in der Lage bei der Untersuchung aktiv mitzuarbeiten.

Auch aus der Literatur sind die Limitationen der Sonografie gerade beim Nachweis geringer Mengen freier Flüssigkeit und bei Organverletzungen bekannt.

Blackbourne et al. 2004 zeigten in einer prospektiven Studie an 547 Patienten, dass eine Kontrollsonografie des Abdomens die Sensitivität der Ultraschalluntersuchung beim Nachweis von freier Flüssigkeit signifikant erhöhte. Die initiale Sonografie zeigte eine Sensitivität für freie Flüssigkeit von 31,1% und eine Spezifität von 99,8%. Bei der Kontrollsonografie, die bei allen Patienten innerhalb der ersten 24h durchgeführt wurde lag die Sensitivität für freie Flüssigkeit bei 72,1%, die Spezifität war mit 99,8% identisch [52].

Poletti et al. 2003 untersuchten 205 Patienten nach stumpfem Abdominaltrauma. Die Patienten wurden mittels Sonografie auf freie Flüssigkeit und Organverletzungen untersucht. Diese Ergebnisse wurden durch eine CT des Abdomens als Goldstandard überprüft. Die als falsch negativ gewerteten Ultraschallbefunde wurden durch eine zweite Ultraschalluntersuchung nach 6 Stunden überprüft. Die Sensitivität des ersten Ultraschalls lag bei 93% für freie Flüssigkeit, aber nur bei 41% für die Diagnostik von Organverletzungen. Beim zweiten Ultraschall war die Sensitivität für freie Flüssigkeit bei 96% und bei 55% retrospektiv für Organverletzungen. Die Ultraschalluntersuchung zeigte sich also als nützlich für den Nachweis freier Flüssigkeit, allerdings in keiner Weise ausreichend für die Diagnostik von Organverletzungen. Im Hinblick auf die hohe Zahl an Organverletzungen ohne das Auftreten freier Flüssigkeit scheint das problematisch. Es stellte sich heraus, dass 31% der Patienten mit nachgewiesener Organverletzung im CT keine freie Flüssigkeit aufwiesen [53].

Wir haben eine Reihe klinischer und laborchemischer Routineparameter bestimmt um zu klären, ob bei einer dieser Patientengruppen die Kontrollsonografie häufiger als bei den übrigen Patienten neue Befunde erbringt. Bei unseren Patienten zeigte weder die Kontrollsonografie nach 6h noch die Kontrollsonografie nach 24h einen Befund, der im CT übersehen wurde, noch konnte die Ursache für den auffälligen klinischen Parameter sonografisch geklärt werden.

Bei den Patienten mit initial pathologischen Abdomen-CT trat signifikant häufiger ein  $MAP < 90$  mmHG auf (p-Wert 0,01). Hinsichtlich der übrigen Parameter fanden wir keine signifikanten Unterschiede bei den beiden Patientengruppen mit pathologischem Abdomen-CT und mit unauffälligem Abdomen-CT.



Insgesamt gibt es in der Literatur bisher keine einheitliche Meinung, welche klinischen Parameter nach einem Bauchtrauma überwacht werden sollten.

Beck et al. 2004 untersuchten im Rahmen einer prospektiven Studie an 213 Polytraumapatienten, welche klinischen Faktoren mit einem signifikant höheren Risiko für eine abdominelle Verletzung in der CT korrelieren. 56 Patienten hatten einen positiven Befund im Abdomen-CT. In dieser Studie hatte die Gruppe der intubierten Patienten (p-Wert 0,03) und die Gruppe der Patienten, bei denen ein pathologischer Befund in der konventionellen Beckenübersichtsaufnahme gefunden wurde (p-Wert 0,0005) ein höheres Risiko für eine intraabdominelle Verletzung beim darauffolgenden Abdomen-CT [54].

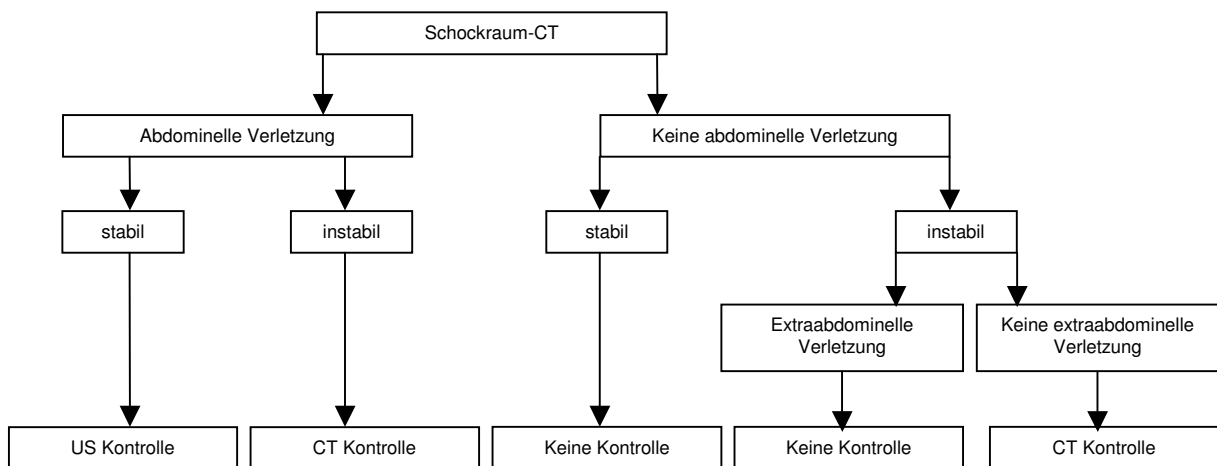
Rossaint et al. 2006 haben sich in einer Literaturrecherche mit der Therapie von Blutungen nach einem Polytrauma beschäftigt. Sie bezeichnen den Abfall des Hämatokritwertes, eine erhöhte Herzfrequenz und einen erniedrigten zentralvenösen- und zentralarteriellen Druck als Hinweise auf eine Blutung. Allerdings gibt es den Autoren zufolge keine „idealen“ Überwachungssysteme für die Diagnostik einer akuten Blutung. Der sensitivste Parameter war ein systolischer Blutdruck <90mmHg, allerdings tritt der laut den Autoren meist erst ab einem Blutverlust von 20-30% des Gesamtblutvolumens auf [55].

Fang et al. 2006 untersuchten, welche Befunde im CT ein operatives Eingreifen bei hämodynamisch stabilen Patienten nach stumpfem Lebertrauma erforderlich machen. In dieser Studie mit 214 Patienten werden Patienten mit einem systolischen Blutdruck > 90mmHg als hämodynamisch stabil bewertet, bei diesen wurde eine CT-Untersuchung des Abdomens durchgeführt und eine abdominelle Verletzung diagnostiziert. Der hämodynamische Status, der Hämatokritwert, peritoneale Zeichen und der intraabdominelle Druck wurden in dieser Studie auf der Intensivstation überwacht, um zu entscheiden ob bei den Patienten ein operatives Vorgehen oder eine konservative Behandlung der Abdomenverletzung indiziert sind. Bei 30 Patienten musste im Verlauf eine operative Therapie durchgeführt werden. Die Indikation lag bei 24 Patienten in einem andauernden Blutverlust mit einem Transfusionsbedarf von mehr als vier Blutkonserven und bei 6 Patienten in einer zunehmenden Abwehrspannung bei steigendem intraabdominellen Druck [48].

In unserer Untersuchung zeigte sich, dass die Kontrollsonografien bei den klinisch oder laborchemisch auffälligen Patienten in keinem Fall die Ursache oder einen neuen relevanten Befund nachweisen konnten. Hierfür kommen im Wesentlichen zwei Gründe in Betracht.

Zum einen die oben genannten Einschränkungen der Untersuchungsbedingungen auf der Intensivstation und die auch aus der Literatur bekannten Limitationen der Sonografie im Nachweis von Organverletzungen. Zum anderen die Überlegenheit der modernen CT-Geräte bei der Schockraumdiagnostik, die es ermöglichen in kürzester Zeit alle relevanten Verletzungen darzustellen.

Da die Sonografie auch bei klinisch auffälligen Patienten keinen neuen Befund erbrachte, diese Patienten aber praktisch alle extraabdominelle Verletzungen aufwiesen, liegt die Ursache für die klinischen Veränderungen möglicherweise bei den extraabdominellen Verletzungen. Eine Sonografie des Abdomens wäre hier nicht weiterführend.



**Abb. 7:** Follow-up Algorithmus für Polytraumapatienten mit initialer MSCT

Möglicherweise ist bei Patienten mit initial unauffälliger Abdomen-CT und auffälligen klinischen/ laborchemischen Parametern eine Kontroll-CT sinnvoll, wenn der Zustand des Patienten dies zulässt. Allerdings war die Klärung dieser Frage nicht Teil der Untersuchung.

Trotz aller genannten Limitationen ist die Sonografie eine Methode, die sofort auf der Intensivstation am Patientenbett verfügbar ist und auch vom behandelnden Kliniker durchgeführt werden kann. Außerdem bedeutet sie keine zusätzliche Strahlenbelastung für den Patienten. Unter Berücksichtigung möglicher falsch negativer Befunde, kann die Kontrollsonografie weiterhin als Teil des Überwachungskonzeptes bei Polytraumapatienten eingesetzt werden.

Ein Problem unserer Untersuchung war die relativ kleine Patientenzahl. Da die Studie retrospektiv durchgeführt wurde mussten wir einen großen Teil der Polytraumapatienten aus der Studie ausschließen, bei welchen nicht alle Untersuchungen, initiale Abdomen-CT, Schockraumsonografie, Kontrollsonografien durchgeführt und dokumentiert wurden und die nicht mindestens 24h auf einer Intensivstation verbrachten, entweder aufgrund zu geringer Verletzungsschwere oder weil sie zu früh verstarben.

Auch war es nicht möglich, die Ergebnisse der MSCT durch eine objektive Standardreferenz zu überprüfen. Wiederholte Kontroll-CT hätten die Ergebnisse der initialen Schockraum-CT überprüfen können. Allerdings ist dies aufgrund der Strahlenbelastung der oft jungen Patienten insbesondere bei negativem initialen Abdomen-CT nicht zu vertreten. Somit musste der klinische Verlauf als Referenz dienen.

## 6. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es angesichts der hohen diagnostischen Sicherheit der MSCT die Bedeutung der Kontrollsonografien des Abdomens 6 bzw. 24h nach Polytrauma zu evaluieren. Außerdem wurde untersucht, ob es bestimmte klinische oder laborchemische Routineparameter gibt, bei deren auftreten es signifikant häufiger zu einem neuen Befund in der Kontrollsonografie kommt.

Wir führten eine retrospektive Studie mit 44 Patienten durch, die von Januar 2002 bis Juni 2004 in den Schockraum der Chirurgischen Klinik Innenstadt eingeliefert wurden. Bei den Patienten wurde bereits in der Schockraumphase ein MSCT des Abdomens und eine Abdomensonografie durchgeführt. Die Sonografie wurde 6h bzw. 24h nach dem Trauma wiederholt. In die Studie eingeschlossen wurden nur Patienten, die anschließend für mindestens 24 Stunden intensivpflichtig waren. Es wurden folgende klinische Parameter mehrfach bestimmt: der mittlere arterielle Druck (MAP), die Körpertemperatur, die Leukozytenzahl im Blut, die Herzfrequenz, der Natriumspiegel, der Kaliumspiegel, der Hämatokritwert, der Hämoglobinwert, der Katecholaminbedarf, der Transfusionsbedarf und die Intubationspflichtigkeit. Die Patienten wurden in zwei Gruppen unterteilt: Gruppe 1 hatte initial ein unauffälliges Abdomen-CT, Gruppe 2 setzt sich aus den Patienten mit pathologischem Abdomen-CT zusammen. Beide Gruppen wurden bezüglich jedes einzelnen klinischen Parameters verglichen. Für die statistische Auswertung wurde der exakte Fischer-Test verwendet.

In keiner Gruppe mit auffälligen klinischen oder laborchemischen Parametern wurden zusätzliche Befunde in der Kontrollsonografie diagnostiziert.

Die beiden Patientengruppen mit initial unauffälligem Abdomen-CT und mit pathologischem Abdomen-CT zeigten nur bezüglich des MAP einen signifikanten Unterschied. Bei der Patientengruppe mit abdominalen Verletzungen war der MAP häufiger erniedrigt.

Aufgrund der eigenen Ergebnisse und der gängigen Literatur kommen wir zu der Schlussfolgerung, dass bei unauffälligem initialen Abdomen-CT und klinisch stabilem Patienten eine Kontrollsonografie nicht mehr zwingend erforderlich ist. Bei klinisch instabilen Patienten ist eine erneute Diagnostik erforderlich. Allerdings erbrachte die Kontrollsonografie in unserer Untersuchung in keinem Fall die Ursache der abweichenden klinischen oder laborchemische Parameter, sodass eine Kontroll-CT in Erwägung zu ziehen ist. Diese war jedoch nicht Bestandteil der Untersuchung. Hier sind weitere Studien erforderlich.

In Anbetracht der häufig konservativen Therapie von Abdominalverletzungen hat die Kontrollsonografie jedoch einen hohen Stellenwert in der Verlaufskontrolle von bekannten Abdomenverletzungen, da sie ohne weitere Strahlenbelastung für den Patienten jederzeit direkt auf der Intensivstation durchführbar ist.

---

## Literaturverzeichnis

1. Siewert, J.R., ed. *Chirurgie*. 6 ed. 2001, Springer-Verlag.
2. Statistisches, B., [www.destatis.de](http://www.destatis.de) (Stand: 09.08.2004).
3. Leitlinienkommission der DGU: Stürmer K.M., D.K., Blauth M., Bonaire F., Braum W., Meenen N.M., Siebert H., Suren E. G., Wittner B. in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der DGU, vertreten durch: Oestern H.-J., Nast-Kolb D., *Leitlinie Polytrauma; Leitlinien für die unfallchirurgische Diagnostik und Therapie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. Akt Traumatol*, 2001. **31**: p. 44-54.
4. Mutschler W., K.K.-G., *Interdisziplinäre Schockraumversorgung: Die Aufgaben der Radiologie aus unfallchirurgischer Sicht*. Radiologe, 2002. **42**: p. 506-514.
5. Linsenmaier U., K.K.-G., Mutschler W., Pfeiffer K. J., *Radiologische Diagnostik beim Polytrauma: Interdisziplinäres Management*. Fortschr Röntgenstr, 2001. **173**: p. 485-493.
6. Wick M., E.A., Muhr G., *Epidemiologie des Polytraumas*. Chirurg, 1997(68): p. 1053-1058.
7. Schmelz A., Z.D., Beck A., Kinzl L., Gebhard F., *Akutstationäre Behandlungskosten polytraumatisierter Patienten*. Unfallchirurg, 2002(105): p. 1043-1048.
8. Nast-Kolb D., B.S., Oestern H.-J., Neugebauer E., *Das Traumateregister der Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie*. Notfall & Rettungsmedizin, 2000. **3**: p. 147-150.
9. Linsenmaier Ulrich, K.M., Häuser Hannes, Rock Clemens, Rieger Johannes, Bohndorf Klaus, Pfeiffer Klaus Jürgen, Reiser Maximilian, *Whole-body computed tomography in polytrauma: techniques and management*. Eur Radiol, 2002. **12**: p. 1728-1740.
10. Nast-Kolb, *Grenzen der Behandlung Schwerverletzter*. Chirurg, 1999. **70**: p. 1278-1284.
11. Weishaupt Dominik, G.M.A., Willmann K. Jürgen, Roos E. Justus, Hilfiker R. Paul, Marineck Borut, *Traumatic injuries: imaging of abdominal and pelvic injuries*. Eur Radiol, 2002. **12**: p. 1295-1311.
12. Häuser H., B.K., *Radiologisches Notfallmanagement polytraumatisierter Patienten*. Radiologe, 1998. **38**: p. 637-644.
13. Messmer Peter, L.R., Jacob Augustinus Ludwig, *Interdisziplinäres Management von polytraumatisierten Patienten: Beitrag der Radiologie*. Radiologie up2date, 2001: p. 275-297.
14. American College Of Radiology; Expert Panel on Musculoskeletal Imaging: Daffner H. Richard, D.K.M., Alazraki Naomi, Berquist H. Thomas, DeSmet A. Arthur, El-Khoury Y. George, Goergen G. Thomas, Keats E. Theodore, Manaster B.J., Newberg Arthur, Pavlov Helene, Haralson H. Robert, McCabe B. John, Sartoris David, *IMAGING OF THE MULTIPLY INJURED PATIENT; Summary of Literature Review*. American Colege of Radiology ( [www.acr.org](http://www.acr.org) ).
15. Wedegärtner U., L.M., Nagel D.H., Weber C., Adam G., *Radiologische Bildgebung beim Polytrauma: Dosisvergleich von Ganzkörper-MSCT und koventionellem Röntgen mit organspezifischer CT*. Fortschr Röntgenstr, 2004. **176**: p. 1039-1044.
16. Wintermark Max, P.P.-A., Becker D. Christoph, Schnyder Pierre, *Traumatic injuries: organization and ergonomics of imaging in the emergency environment*. Eur Radiol, 2002. **12**: p. 959-968.
17. Albrecht T., v.S.J., Stahel P.F., Ertel W., Wolf K.-J., *Die Rolle der Ganzkörper-Spiral-CT bei der Primärdiagnostik polytraumatisierter Patienten- Vergleich mit*

- 
- konventioneller Radiographie und Abdomensonographie*. Fortschr Röntgenstr, 2004(176): p. 1142-1150.
18. Eurostat. Yearbook 2000. 2001, [www.europa.eu.int/comm/eurostat](http://www.europa.eu.int/comm/eurostat).: Luxembourg: European Communities.
  19. ADAC.
  20. Frings., D.W., [www.compendium.wofrings.de/Traumatologie/Polytrauma/polytrauma.html](http://www.compendium.wofrings.de/Traumatologie/Polytrauma/polytrauma.html) (Stand: 17.11.2004).
  21. Brohi, K., [www.trauma.org](http://www.trauma.org) (Stand: 05.03.2007).
  22. Markgraf R., D.G., Pienka L., Scholten T., Lorenz C., *Performance of the score systems Acute Physiology an Chronic Health Evaluation II and III at an interdisciplinary intensive care unit after customization*. Crit Care, 2001. **5**(1): p. 31-6.
  23. Knaus, W.A., *APACHE 1978-2001: The development of a quality assurance system based on prognosis. Milestones and personal reflections*. Archives of Surgery, 2002. **137**: p. 37-41.
  24. Gerdes, A., [www.intensivcareunit.de/download/apache2.pdf](http://www.intensivcareunit.de/download/apache2.pdf) (Stand:01.10.2004).
  25. Poletti Pierre-Alexander, W.M., Schnyder Pierre, Becker D. Christoph, *Traumatic injuries: role of imaging in the management of the polytrauma victim (conservative expectation)*. Eur Radiol, 2002. **12**: p. 969-978.
  26. Krötz, B.P.J., Häuser H., Linsenmaier, Pfeiffer K.J., Reiser M., *Interdisziplinäre Schockraumversorgung: Personelle, apparative und räumlich-logistische Konzepte in 3 Traumakrankenhäusern in Europa*. Radiologe, 2002. **42**: p. 522-532.
  27. Häuser H., B.K., *Polytraumamanagement: Anmerkungen zu einer radiologischen "Rund um die Uhr"- Aufgabe*. Fortschr Röntgenstr, 2001(137): p. 1-3.
  28. Ruchholz S., N.-K.D., Waydhas C., Betz P., Schweiberer L., *Frühletalität beim Polytrauma-eine kritische Analyse vermeidbarer Fehler*. Unfallchirurg, 1994(97): p. 285-291.
  29. Bouillon B., K.K.G., Lackner C.K., Mutschler W., Strum J., *Die Bedeutung des Advanced Trauma Life Support (ATLS) im Schockraum*. Unfallchirurg, 2004(107): p. 844-850.
  30. Pehle B., K.C.A., Block J., Waydhas C., Taeger G., Nast-Kolb D., Ruchholz S., *Die Bedeutung von verzögert diagnostizierten Läsionen bei Polytraumatisierten. Eine Studie an 1187 Schockraumpatienten*. Unfallchirurg, 2006(109): p. 964-974.
  31. Kanz K.-G., K.M., Linsenmaier U., Kay M.V., Huber-Wagner S.M., Kreitmeier U., Pfeifer K.-J., Reiser M., Mutschler W., *Prioritätenorientiertes Schockraummanagement unter Integration des Mehrschichtspiralcomputertomographen*. Unfallchirurg, 2004(107): p. 937-944.
  32. Prokp M., G.M., Schaefer-Prokop C, van der Molen A., *Ganzkörper-Computertomographie*, ed. M. U. Vol. 2.Auflage. 2007, Stuttgart: Thime-Verlag.
  33. Lindner T., B.H.J., Manegold S., Stöckle U., Haas N.P., *Schockraumdiagnostik: Initiale Diagnostik beim stumpfen Abdominaltrauma. Eine Literaturübersicht*. Unfallchirurg, 2004(107): p. 892-902.
  34. ProkopA., H.H., Krüger K., Rehm K.E., Isenberg J., Schiffer G., *Multislice-Spiral-CT zur Diagnostik beim Polytrauma*. Unfallchirurg, 2006. **109**: p. 545-550.
  35. Körner M., K.M., Kanz K.G., Pfeifer K.J., Reiser M., Linsenmaier U., *Development of an accelerated MSCT prtocol ( Trage MSCT ) for mass casualty incidents: comparison to MSCT for single-trauma patients*. Emergency Radiology, 2006(12): p. 203-209.
  36. Reiser Maximilian, K.F.-P., Debus Jürgen, *Radiologie*. 2004: Thime-Verlag.
  37. Lingawi S., *Focused Abdominal Sonography in Trauma*. JHK Coll Radiol, 2001(4): p. 222-225.

- 
38. McGahan J.P., W.L., Richards J.R., *From the RSNA Refresher Courses- Focused Abdominal US for Trauma*. RadioGraphics, 2001(21): p. 191-199.
  39. Chaudry R., G.A., Narayaman R.V., *Fokused Abdominal Sonography in Trauma (FAST)*. MJAFI, 2007(63): p. 62-63.
  40. Ollerton, S., Balogh, D'Amours, Giles, Wyllie, *Prospective Study to Evaluate the Influence of FAST on Trauma Patient Management*. J Trauma, 2006. **60**: p. 785-791.
  41. DGU, O.R.d., *Leitlinie Polytrauma*. 2004/ letzte Änderung 02/2009.
  42. Stracieri L.d.S., S.S., *Hepatic injury*. Acta Cir Bras., 2006. **21**(1): p. 85-88.
  43. Demetriades D., H.P., Constantinou C., Brown C., Inaba K. Rhee P., Salim A., *Selctive Nonoperative Management of Penetrating Abdominal Solid Organ Injuriy*. Annals of Surgery, 2006. **44**(4): p. 620-628.
  44. Cadeddu M., G.A., Al-Anezi K., Farrokhyar F., *Management of spleen injuries in adult trauma population: a ten-year experience*. J Can Sur, 2006. **49**(6): p. 386-390.
  45. Rutledge R., H.J., Lentz C., Fakhry S., Meyer A., Baker C., Sheldon G., *A Statewide, Population-Based Time-Series Analysis of the Increasing Frequency of Nonoperative Management of Abdominal Solid Organ Injury*. Anals of Surgery, 1995. **222**(3): p. 311-326.
  46. Kretschmer K.H., H.H., *Radiologische Diagnostik des abdominellen Traumas*. Radiologe, 1998(38): p. 693-701.
  47. Novelline A., R.T., Rao M., Stuk L., *Helical CT in Emergency Radiology*. Radiology, 1999(213): p. 321-329.
  48. Jen-Feng Fang, Y.-C.W., Bering-Chuan Lin, YU-Pao Hsu, Miin-Fu Chen, *The CT Risk Factors for the Need of Operative Treatment in Initially Hemodynamically Stable Patients After Blunt Hepatic Trauma*. J Trauma, 2006. **61**: p. 547-554.
  49. Rhea T. James, G.H.D., Novelline A. Robert, *Controversies in emergency radiology - CT versus ultrasound in the evaluation of blunt abdominal trauma*. Emergency Radiology, 2004(10): p. 289-295.
  50. Shuman, W.P., *CT of Blunt Abdominal Trauma in Adults*. Radiology, 1997(205): p. 297-306.
  51. Pikuth D., H.-K.S.H., Spielmann R.P., *Primärdiagnostik bei polytraumatisierten Patienten mit stumpfem Bauchtrauma: Sonographie oder Spiral-CT*. Fortschr Röntgenstr, 1999(170): p. 55-56.
  52. Blackborune, S., McKenney, Amortegui, Schulman, Crookes, Habib, Benjamin, Lopez, Namias, Lynn, Cohn, *Secondary Ultrasound Examination Increases the Sensitivity of the FAST Exam in Blunt Trauma*. J Trauma, 2004. **57**: p. 934-938.
  53. Poletti Pierre A. MD, K.K.M., Vermeulen Bernhard MD, Irmay Francois MD, Unger Pierre-Francois MD, Terrier Francois MD, *Blunt Abdominal Trauma: Should US Be Used to Detect Both Free Fluid and Organ Injuries*. Radiology, 2003(227): p. 95-103.
  54. Beck David, M., Marley Robert, MD, Salvator Ann, MS, Muakkassa Farid, MD, *Prospective Study of the Clinical Predictors of a Positive Abdominal Computet Tomotraphy in Blunt Trauma Patients*. J Trauma, 2004. **57**: p. 296-300.
  55. Roissaint, C., Coats, Duranteau, Frenandez-Mondejar, Gordini, Stahel, Hunt, Neugebauer, Spahn, *Key issues in advanced bleeding care in trauma*. SHOCK, 2006. **26**: p. 322-331.



---

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein Dank geht an Prof. Dr. med. Dr. h. c. M. Reiser, Direktor des Institutes für Klinische Radiologie, an dessen Institut diese Arbeit entstand.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn PD Dr. med. Ulrich Linsenmaier und Herrn PD Dr. med. Thomas Meindl für die Überlassung des Themas und die geduldige Betreuung bedanken.

Zu tiefstem Dank bin ich meinen Eltern verpflichtet, für den Rückhalt und ihre liebevolle und großzügige Unterstützung während meiner gesamten Studienzeit.

Nicht zuletzt ein herzliches Dankeschön an meinen Sohn Daniel und meinen Mann Stefan für ihr Verständnis, ihre Geduld und Hilfe.