

**Aus der Klinik und Poliklinik für Thorax-,
Herz- und Thorakale Gefäßchirurgie
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. R. Leyh**

**Behandlungsergebnisse der konservativen Therapie
ausgedehnter knöcherner Brustwandverletzungen**

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

**vorgelegt von
Cornelius Bechmann
aus Würzburg**

Würzburg, Juli 2015

Referent: Professor Dr. med. T. Walles

Koreferent: Professor Dr. med. R. Meffert

Dekan: Professor Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 15.06.2016

Der Promovend ist Zahnarzt

Meinen Eltern in Liebe und Dankbarkeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Inzidenz und Bedeutung des Thoraxtraumas	1
1.2	Anatomie und Physiologie des Thorax	1
1.3	Mechanismen des Thoraxtraumas	3
1.3.1	Verletzung knöcherner Strukturen	4
1.3.2	Verletzung thorakaler Organe und direkt benachbarter Strukturen	5
1.3.3	Folgeverletzungen nach Thoraxtrauma	5
1.4	Die Versorgung des Thoraxtraumas	7
1.4.1	Diagnostik der Thoraxverletzungen	7
1.4.2	Glasgow Coma Scale	9
1.5	Therapiemöglichkeiten knöcherner Thoraxverletzungen	10
1.5.1	Konservative Verfahren	10
1.5.2	Therapie der Begleitverletzungen	13
1.5.3	Operative Verfahren	15
1.6	Das Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie	15
1.7	Wissenschaftliche Fragestellung	16
2	Material und Methoden	17
2.1	Studiendesign	17
2.2	Patientenkohorte	17
2.3	Datenerhebung	17
2.4	Statistische Analyse	19
3	Ergebnisse	20
3.1	Patientenkohorte	20
3.2	Verletzungsmuster	22
3.3	Traumamechanismen	24
3.4	GCS	26

3.5 Therapie.....	27
3.5.1 Thoraxdrainage.....	27
3.5.2 Respiratortherapie	28
3.5.3 Tracheotomie.....	31
3.5.4 Reanimation.....	31
3.5.5 Verabreichung von Plasma bzw. Erythrozytenkonzentraten.....	31
3.6 Stationärer Aufenthalt	32
3.6.1 Stationäre Behandlungsdauer im Universitätsklinikum Würzburg.....	32
3.6.2 Vorbehandlung in anderen Krankenhäusern.....	33
3.6.3 Dauer des Intensivaufenthalts.....	33
3.7 Entlassung	34
4 Diskussion.....	35
5 Zusammenfassung.....	41
6 Literaturverzeichnis	43
7 Anhang.....	50
7.1 Die Abbreviated Injury Scale	50
7.2 Der Injury Severity Score	51
8 Danksagung
9 Lebenslauf

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anatomie des knöchernen Thorax.....	2
Abb. 2: Arten von Thoraxtraumen.....	3
Abb. 3: Serienfraktur der Rippen 3 bis 8 des linken Thorax.....	4
Abb. 4: Pneumothorax der linken Seite	6
Abb. 5: Computertomographie des Thorax (CTT).....	8
Abb. 6: Anlage einer Thoraxdrainage	14
Abb. 7: Studienkollektiv und Ausschlusskriterien.....	20
Abb. 8: Verteilung der Patienten nach Jahren	21
Abb. 9: Verteilung der Rippenserienfrakturen pro Jahr	22
Abb. 10: Verteilung der Frakturen pro Jahr.....	23
Abb. 11: Verteilung der Traumamechanismen nach Monaten	25
Abb. 12: Übersicht über die Anlage einer Thoraxdrainage	27
Abb. 13: Verteilungsmuster der Beatmungsdauer in den Jahren 2011 bis 2013.....	28
Abb. 14: Vergleich der Gesamtaufenthaltsdauer polytraumatisierter und nicht polytraumatisierter Patienten mit und ohne Beatmungstherapie.....	30
Abb. 15: Gesamtaufenthalt bei Patienten mit einer konservativ behandelten Rippenserienfraktur.....	32
Abb. 16: Dauer des Intensivaufenthalts pro Jahr	33
Abb. 17: Innerkrankenhäusliche Mortalitätsrate.....	34

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Glasgow Coma Scale	9
Tab. 2: Verteilung der Patienten nach Alter	21
Tab. 3: Auftreten von Lungenkontusionen	24
Tab. 4: Verteilung der Traumamechanismen pro Jahr	24
Tab. 5: Verteilung GCS pro Jahr	26
Tab. 6: Verteilung GCS gruppiert	26
Tab. 7: Anzahl beatmeter und nicht beatmeter Patienten bei Polytrauma bzw. ohne Polytrauma	29
Tab. 8: Beatmungsdauer polytraumatisierter und nicht polytraumatisierter Patienten	30
Tab. 9: Metaanalyse der aktuellen Literatur	37

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AIS	Abbreviated Injury Scale
altgr.	altgriechisch
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
et al.	und andere (et alia)
GCS	Glasgow Coma Scale
IQR	Interquartilbereich
ISS	Injury Severity Score
k.A.	keine Angabe
lat.	lateinisch
Max	Maximum
Min	Minimum
n	Anzahl
sog.	sogenannte
Stabw	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
VATS	videoassistierte Thorakoskopie
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1 Einleitung

Unter einem Thoraxtrauma versteht man eine Verletzung des knöchernen Brustkorbs sowie sämtlicher darin enthaltener Organe und Organsysteme. Während man isolierte Thoraxtraumen selten antrifft, liegt bei fast der Hälfte der Patienten, die ein Polytrauma erleiden, simultan ein Thoraxtrauma vor. Von einem Polytrauma spricht man, wenn gleichzeitig mehrere Körperregionen oder Organsysteme betroffen sind, wobei bereits eine der Verletzungen alleine oder die Kombination der Verletzungen lebensbedrohlich ist.

1.1 Inzidenz und Bedeutung des Thoraxtraumas

Im jährlichen Bericht der `Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie´ (DGU) wurde für den Zeitraum von 2011 bis 2013 eine Gesamtzahl von 42.954 schwerverletzten Patienten angegeben. Als schwerverletzt galten in der Erhebung Patienten mit einem Punktwert von mindestens 16 des `Injury Severity Score´ (ISS). Hierbei wiesen die dokumentierten Patienten zu 59,2 % Verletzungen im Bereich des Brustkorbes, zu 60,7 % Verletzungen am Kopf, zu 15,3 % Verletzungen im Gesicht, zu 1,6 % Verletzungen am Hals, zu 21,6 % Verletzungen des Bauchraumes, zu 33,6 % Verletzungen im Bereich der Wirbelsäule, zu 32,3 % Verletzungen an den Armen, zu 19,7 % Verletzungen im Becken und zu 28,5 % Verletzungen an den Beinen auf [24]. Damit traten Brustkorbverletzungen so häufig wie Schädel-Hirn-Verletzungen auf, was die klinische Relevanz dieses Verletzungsmusters zeigt.

1.2 Anatomie und Physiologie des Thorax

Der Thorax (altgr., `Brustkorb´) besteht aus der Brustwirbelsäule als dorsale Begrenzung, dem Sternum (lat., `Brustbein´) als ventrale Begrenzung und 12 paarig angelegten Rippen als laterale Begrenzung. Kranial wird der Thorax durch den oberen Brustkorbeingang (`obere Thoraxapertur´ = `Apertura thoracis superior´) begrenzt, der aus dem ersten Brustwirbelkörper, den beiden ersten Rippen und dem oberen Anteil des Sternums (`Manubrium sterni´) gebildet wird. Er stellt die Verbindung zwischen den Bindegewebsräumen des Halses und des Brustkorbs dar. Die kaudale Begrenzung des Thorax, der untere Brustkorbeingang (`untere Thoraxapertur´ = `Apertura thoracis inferior´), stellt die Grenze zwischen Brustraum und Bauchraum dar. Er wird durch den 12. Brustwirbelkörper, die 11. und 12. Rippe, die Knorpelanteile der 7. bis 10. Rippe sowie durch den Unterrand des Sternums (`Processus xiphoideus´)

gebildet [69]. Die Grenzstruktur zwischen Brust- und Bauchraum ist das Diaphragma (lat., `Zwerchfell`), das zwischen den genannten Skelettanteilen aufgespannt ist. Die Rippen sind sowohl mit der Wirbelsäule über sog. Kostovertebral-, als auch mit dem Brustbein über sog. Sternokostalgenke verbunden [69]. Im Zusammenspiel mit der zwischen den Rippen liegenden Brustkorbmuskulatur, die die Bereiche zwischen den Rippen, die sog. Interkostalräume, ausfüllt, nehmen die Gelenke eine zentrale Bedeutung in der Atemmechanik ein . Da der Brustkorb außerdem lebenswichtige Organe wie Herz, Lunge und wichtige Leitungsbahnen beherbergt, dient er somit auch als Schutzgerüst.

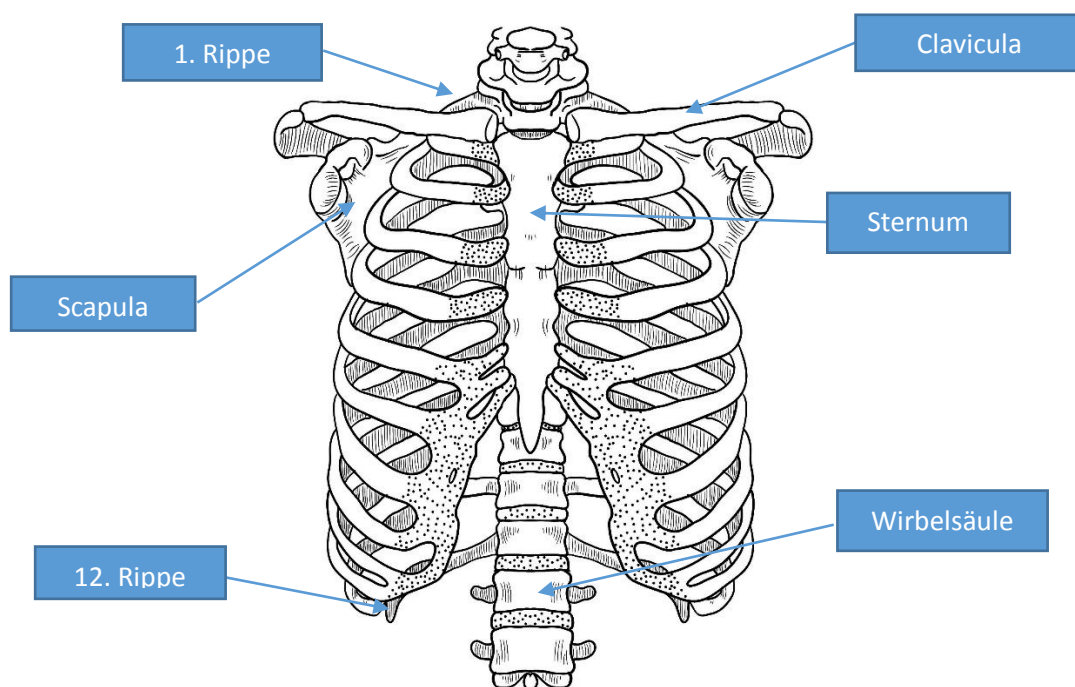


Abb. 1: Anatomie des knöchernen Thorax (Bildnachweis: rib cage © poniay – Fotolia).

Während der Inspiration (Einatmung) werden durch Drehung der Rippenköpfchen in den Kostovertebralgelenken die ventralen, sternalen Rippenenden angehoben. Parallel dazu tritt das Zwerchfell durch Kontraktion tiefer. Dies hat eine Volumenzunahme des Thorax zur Folge. Bei der Expiration (Ausatmung) senken sich die ventralen, sternalen Rippenenden wieder ab und die Zwerchfellmuskulatur entspannt, womit der Thorax sein ursprüngliches Volumen wieder erreicht [69].

1.3 Mechanismen des Thoraxtraumas

Thoraxtraumen entstehen überwiegend im Rahmen großer Gewalteinwirkung mit Verletzung mehrerer Körperregionen [6]. Hierbei unterscheidet man das stumpfe Thoraxtrauma vom penetrierenden Thoraxtrauma. In einer im Jahre 2002 veröffentlichten Studie, die über einen Zeitraum von Mai 1975 bis April 1999 lief, ermittelten Adegbeye et al. einen Anteil von 69 % für das stumpfe Thoraxtrauma an allen behandelten Brustkorbverletzungen [1]. Stumpfe Thoraxtraumen sind meist die Folge von Dezelerations- (z.B. Sicherheitsgurt /Aufpralltrauma) bzw. Überrolltraumen im Rahmen von Verkehrsunfällen. Im Gegensatz dazu entstehen penetrierende Thoraxtraumata durch Stichverletzungen, Schussverletzungen oder Pfählungen.



Abb. 2: Arten von Thoraxtraumen (Linkes Bild: stumpfes Thoraxtrauma durch Verkehrsunfall, rechtes Bild: penetrierende Thoraxverletzung) (Bildnachweis: Uniklinik Würzburg).

Durch Thoraxtraumen entstandene Verletzungen lassen sich nach den betroffenen Strukturen in folgende Gruppen einteilen:

1. Verletzungen knöcherner Strukturen, z.B. Rippenfrakturen, Rippenserienfrakturen bis hin zum instabilen Thorax, der sog. `Flail Chest`, durch Mehrsegmentbrüche oder eine zusätzliche Sternumfraktur.
2. Verletzungen thorakaler Organe wie der Lunge, der Luftröhre (`Trachea`), der Bronchien, der Speiseröhre (`Ösophagus`), des Herzens, des Mittelfells (`Mediastinum`), der Körperschlagader (`Aorta`) und des Zwerchfells

(`Diaphragma´) bzw. Verletzungen direkt benachbarter Organe wie der Leber, der Milz und der Nieren.

3. Folgeverletzungen, z.B. Pneumothorax, Hämatothorax oder Lungenkontusion.

1.3.1 Verletzung knöcherner Strukturen

Die Folgen nach erlittenem Thoraxtrauma können, je nach Art der Gewalteinwirkung, von schmerzhaften, aber relativ harmlosen solitären Rippenfrakturen über Rippenserienfrakturen bis hin zu einer Fraktur des Brustbeins reichen.

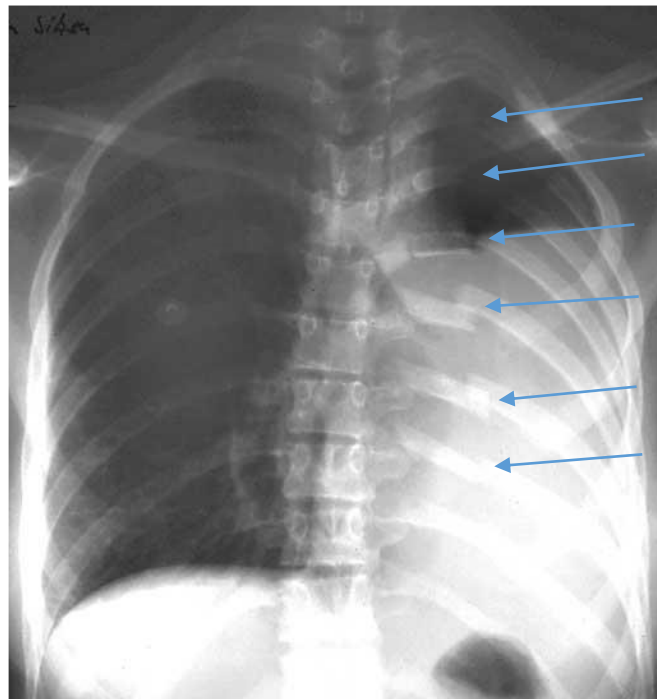


Abb. 3: Serienfraktur der Rippen 3 bis 8 des linken Thorax. Die Pfeile zeigen den Frakturverlauf. Röntgen-Thorax in posterior-anteriorem Strahlengang im Stehen (Bildnachweis: Uniklinik Würzburg).

Man spricht von einer Rippenserienfraktur, wenn auf einer Thoraxseite mindestens 3 aufeinanderfolgende Rippen gebrochen sind [40]. Dies kann, insbesondere bei Mehrsegmentfrakturen, also bei Frakturen mit mehreren Bruchstücken, zu einem instabilen Thorax führen. Hierbei kommt es während der Inspirationsphase nicht zu einer Expansion des Thorax, sondern zu einer Einwärtsbewegung des betroffenen Thoraxwand-Segments. Man spricht dann von einer sog. `paradoxen Atmung´, die eine erhöhte Atemanstrengung, eine verminderte Sauerstoffaufnahme und respiratorische Insuffizienz zur Folge haben kann [17].

Aufgrund der Lokalisation der Rippenfrakturen lassen sich Rückschlüsse auf eventuell mitbetroffene Strukturen ziehen [4]. Verletzungen der obersten 3 Rippen können Ergebnis eines Hochgeschwindigkeitstraumas sein, bei dem Begleitverletzungen des Mediastinums mit Einbeziehung der großen Blutgefäße, des Ösophagus und der Luftröhre respektive der Bronchien diagnostisch unbedingt ausgeschlossen werden müssen. Bei Frakturen der untersten 3 Rippen bedarf es einer gründlichen Abklärung, ob Verletzungen des Zwerchfells und/oder von benachbarten Abdominalorganen, d.h. der Leber, der Milz bzw. der Nieren ausgeschlossen werden können.

1.3.2 Verletzung thorakaler Organe und direkt benachbarter Strukturen

Die Begleitverletzungen thorakaler Organe und direkt benachbarter Strukturen sind in ihrem Auftreten sehr mannigfaltig und stark abhängig vom Unfallmechanismus. In der Literatur beschrieben sind:

- Endokardkontusionen [18], Herzrupturen [28], Ventrikelseptumrupturen [49]
- Aortenrupturen [11, 12, 70]
- Verletzungen der Bronchien [43] und Trachealrupturen [43, 68]
- Ösophagusperforation [60] bzw. Ösophagusruptur [30]
- Mediastinalverbreiterungen [50]
- Zwerchfellverletzungen [55]

Hier muss für jeden Patienten individuell ein Therapieplan erstellt werden, der an die jeweilige Verletzungsschwere und das Verletzungsmuster angepasst ist.

1.3.3 Folgeverletzungen nach Thoraxtrauma

A: Pneumothorax

Unter einem Pneumothorax (pneuma, altgr. „Luft“) versteht man eine Luftansammlung im Pleuraspalt zwischen dem Rippenfell (‘Pleura parietalis’) und dem Lungenfell (‘Pleura visceralis’), bei dem es durch das Eindringen von Luft zu einer Aufhebung des physiologischen Unterdrucks mit konsekutivem Lungenkollaps kommt. Die Komplikation des Pneumothorax stellt der Spannungspneumothorax dar, der durch einen atemabhängigen Ventilmechanismus eine zunehmende Luftansammlung in dem betroffenen Pleuraraum mit Kompression und Verschiebung der Mediastinalorgane und der nicht betroffenen Lunge zur Folge hat. Unbehandelt führt ein Spannungspneumothorax zum Tod des Patienten [32].

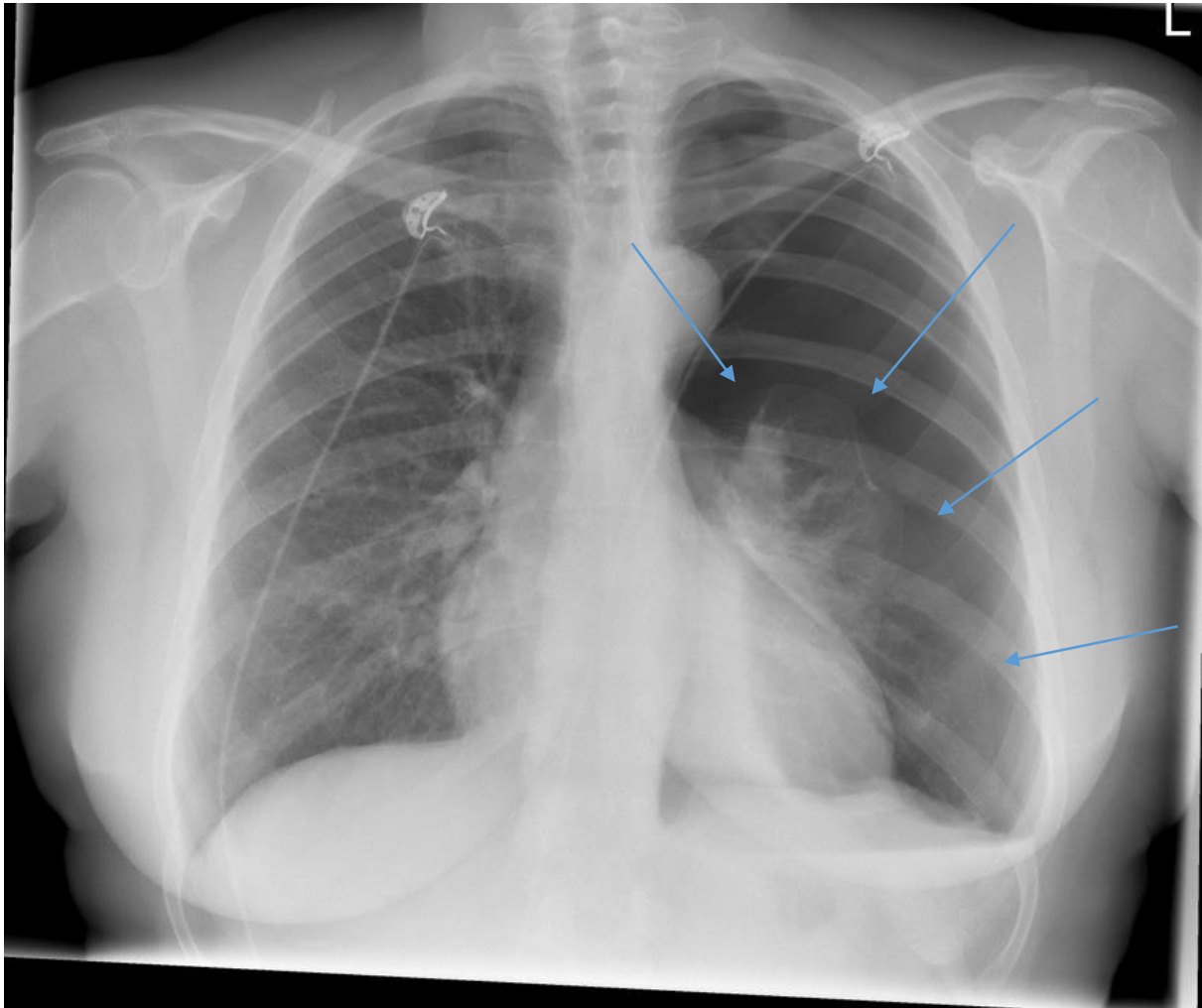


Abb. 4: Pneumothorax der linken Seite. Die Pfeile stellen die Begrenzung des kollabierten linken Lungenflügels dar. Röntgen-Thorax in anterior-posteriorem Strahlengang im Liegen (Bildnachweis: Uniklinik Würzburg).

Pneumothoraces sind eine häufige Verletzung nach stumpfen Thoraxtraumen. Hierbei schädigt die durch das Trauma gebrochene Rippe die Thoraxwand mit der Pleura parietalis im Sinne einer offenen Rippenfraktur oder das Lungenparenchym einschließlich der Pleura visceralis direkt. Bei einem Dezelerationstrauma kann es durch den abrupt steigenden intraalveolären Druck ebenfalls zu einer Verletzung des Lungenparenchyms kommen [51]. Als weitere Ursache kommt ein Leck (Fistel) im Tracheobronchialbaum in Frage.

B: Hämatothorax

Unter einem Hämatothorax wird die Ansammlung von Blut im Pleuraspalt verstanden [45]. Als Blutungsquelle kommen die Interkostalgefäße, intrathorakale Blutgefäße, Lungengefäße, die Arteria subclavia sowie die intrathorakalen Organe selbst infrage [66]. Bedingt durch den Verletzungsmechanismus kann ein Hämatothorax auch in Kombination mit einem Pneumothorax auftreten. Man spricht dann von einem sog. Hämato-pneumothorax.

C: Lungenkontusion

Unter einer Lungenkontusion versteht man eine durch Prellung entstandene Schädigung des Lungenparenchyms. Man unterscheidet die einfache von der schweren Lungenkontusion, bei der es durch direkte Parenchymschädigung mit konsekutiver Einblutung oder durch Ödembildung mit darauffolgender inflammatorischer Reaktion zu einer respiratorischen Insuffizienz kommt [46]. Eine Lungenkontusion tritt bei 17 bis 25 % der stumpfen Thoraxtraumata erwachsener Patienten auf und stellt die häufigste Todesursache nach stumpfen Thoraxverletzungen dar [47].

1.4 Die Versorgung des Thoraxtraumas

1.4.1 Diagnostik der Thoraxverletzungen

Die routinemäßige Diagnostik von Patienten, die ein Thoraxtrauma erlitten haben, beginnt mit der gründlichen äußerlichen Inspektion sowie der Rekonstruktion des Unfallgeschehens. Dabei lassen sich unter Umständen bei stumpfen Traumen bereits Hautläsionen oder Prellmarken erkennen sowie Druckschmerzen oder Krepitationen auslösen. An die Inspektion schließt sich bei liegenden polytraumatisierten Patienten eine konventionelle Röntgenaufnahme des Thorax im anterior-posterioren Strahlengang an. In einer Studie konnte allerdings gezeigt werden, dass über 50 % der Patienten, die initial einen unauffälligen Befund in der konventionellen Röntgenthoraxuntersuchung zeigten, in einer danach angefertigten Computertomographie des Thorax (CTT) multiple Verletzungen aufwiesen [19]. Darunter befanden sich bei zwei Patienten sogar potenziell tödliche Aortenverletzungen. In einer weiteren Studie konnten durch eine CTT sogar bei 65% der Patienten wesentliche zusätzliche Informationen gewonnen werden [61]. Aus diesem Grund wird bei polytraumatisierten Patienten, die über den Schockraum am

Universitätsklinikum Würzburg aufgenommen werden, immer eine Computertomographie des Thorax angefertigt. Abhängig von den betroffenen organischen Strukturen werden zusätzliche Diagnostika veranlasst, wie z.B. das Echokardiogramm (EKG), die Blutgasanalyse (BGA), die Bronchos- und Ösophagoskopie sowie die Ultraschalluntersuchung.

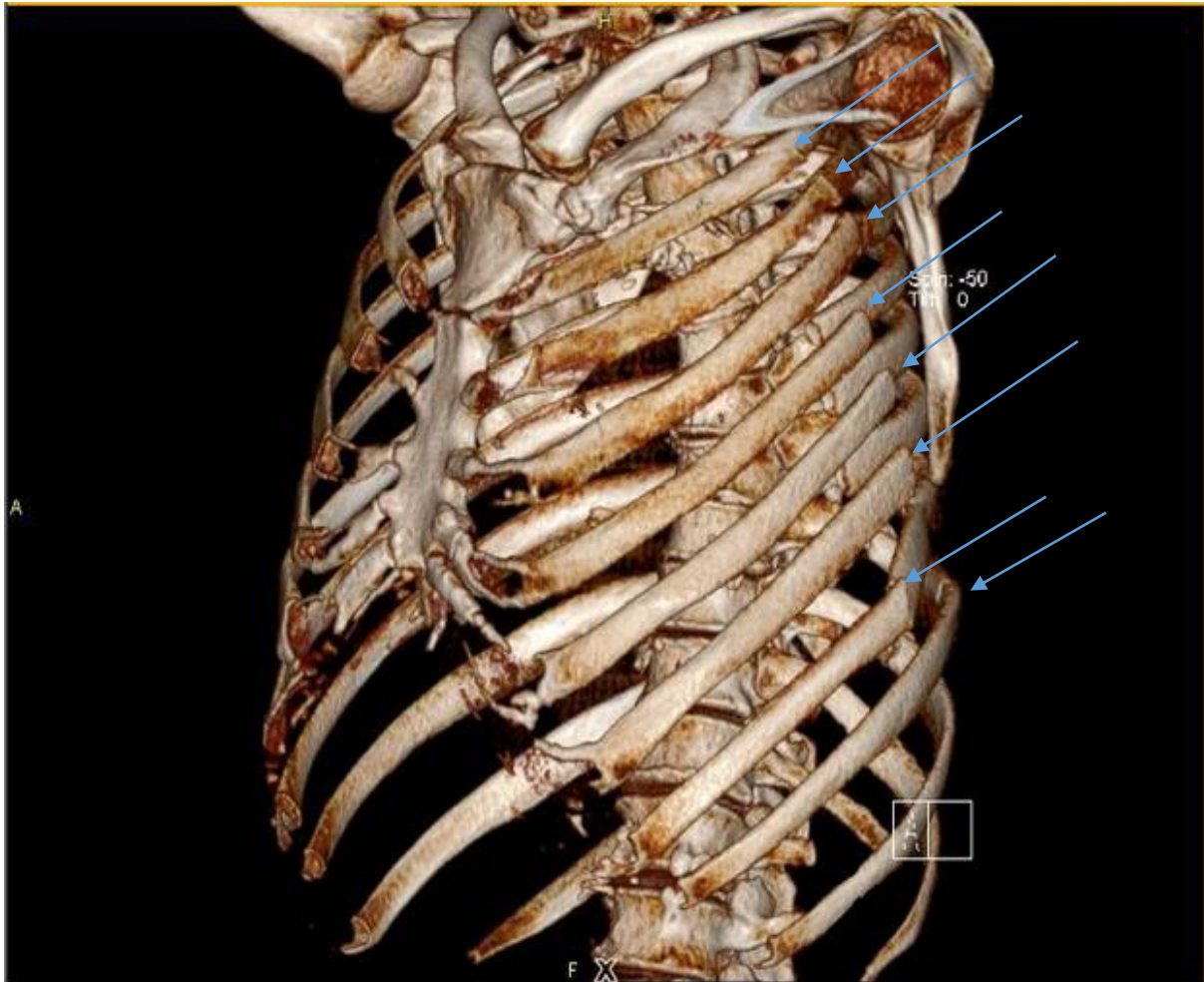


Abb. 5: Computertomographie des Thorax (CTT). Der Frakturverlauf der Rippenserienfraktur auf der linken Thoraxseite ist mit Pfeilen markiert. Das Bild zeigt eine 3D-Oberflächenrekonstruktion (Bildnachweis: Uniklinik Würzburg).

Die Sonographie bietet aufgrund ihrer geringen Patientenbelastung und der problemlosen Wiederholbarkeit, d.h. der Möglichkeit der Verlaufsbeobachtung, theoretisch einen Vorteil im Vergleich zu einer reinen radiologischen Untersuchung. Die Ultraschalluntersuchung ist in Studien dem Röntgen bezüglich der Diagnostik von Rippenfrakturen (65 % im Vergleich zu 36 % [67] bzw. 58 % im Vergleich zu 30 % [9]) und Pleuraergüssen (37 % im Vergleich zu 11 %) überlegen [67]. Jedoch sind

Untersuchungsbefunde aus Sonographien immer sehr untersucherabhängig. Deshalb kommen im Rahmen der multidisziplinären Versorgung von Patienten mit Thoraxverletzungen Thoraxsonographien nicht regelhaft zum Einsatz.

1.4.2 Glasgow Coma Scale

Dieses im Jahre 1974 durch Teasdale und Jennett [59] erstmalig beschriebene Scoring System dient zur Erfassung der Bewusstseinslage bei schwerverletzten bzw. polytraumatisierten Patienten. Die Glasgow Coma Scale (GCS) wurde eingeführt, um Doppeldeutigkeiten und Missverständnisse bei der Behandlung von komatösen Patienten zu vermeiden und um Patientengruppen miteinander vergleichen zu können [56]. Der Wert auf der Punkteskala wird in der Regel durch den erstversorgenden Notarzt erhoben und liegt im Bereich von minimal 3 und maximal 15 Punkten. Zur Bestimmung werden die Faktoren „Augenöffnen, Sprache und Motorik“ untersucht und die einzelnen Werte addiert.

Tab. 1: Glasgow Coma Scale

<u>Augenöffnen</u>		<u>Sprache</u>		<u>Motorik</u>	
4	spontan	5	voll orientiert	6	adäquat nach Anweisung
3	auf Aufforderung	4	unvollständig	5	gezielte Abwehr auf Schmerzreiz
2	auf Schmerzreiz	3	verworren	4	ungezielte Abwehr
1	kein Augenöffnen	2	unverständlich	3	Beugesynergismen
	-	1	keine Sprache	2	Strecksynergismen
	-		-	1	keine Motorik

Aus der Summe der einzelnen Punktwerte ergibt sich eine Unterteilung in $GCS \leq 8$ (schweres Schädel-Hirn-Trauma), $GCS 9$ bis 12 (mittelschweres Schädel-Hirn-Trauma) und $GCS \geq 13$ (leichtes Schädel-Hirn-Trauma). Ist ein Patient initial bewusstlos, erzielt er einen geringen Wert auf der Glasgow Coma Scale, da Augenöffnen, Sprache und Motorik nur eingeschränkt oder gar nicht möglich sind. Daraus lässt sich ein Rückschluss auf die Schwere des Traumas ziehen. Obwohl die GCS ein effizientes Mittel zur Voraussage der Krankenhaus-Sterblichkeitsrate darstellt [41], stellt die Erhebung des Wertes bei präklinisch intubierten sowie sedierten

Patienten eine sehr große Schwierigkeit dar und erschwert die Erhebung eines genauen Wertes [39].

1.5 Therapiemöglichkeiten knöcherner Thoraxverletzungen

Die Therapie der knöchernen Brustwandverletzungen gliedert sich in operative Verfahren, bei denen verschiedene Osteosynthesysteme zur Anwendung kommen, und konservative Verfahren, die aus einer analgetischen Therapie zur Schmerzlinderung und Beatmung mittels Respirator bestehen. Beide Therapieformen zielen auf die Verhinderung einer Schonatmung mit konsekutivem endobronchialen Sekretstau und drohender Pneumonie ab. Bei nicht beatmeten Patienten kann zudem frühzeitig eine Atemphysiotherapie zur Erhaltung bzw. zum Wiederaufbau der Atemmuskulatur eingeleitet werden.

1.5.1 Konservative Verfahren

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Patienten mit Thoraxtrauma sind keine operativen Interventionen erforderlich [65]. Dennoch kann schon eine solitäre Rippenfraktur eine sehr schmerzhaft Verletzung darstellen, in deren Folge es schmerzbedingt über eine Schonatmung zu einer Minderbelüftung der Lunge bzw. von Lungensegmenten kommen kann.

A: Analgetische Therapie

Die Schmerzausschaltung stellt den wichtigsten Pfeiler der konservativen Therapie dar. Oberstes Ziel ist die Vermeidung einer schmerzbedingt flachen Atmung, in deren Folge sich eine Sekretretention und letztlich eine Pneumonie entwickeln kann.

Die *Eastern Association for the Surgery of Trauma* (EAST) hat in ihrer im Jahre 2005 erschienenen Leitlinie „Pain Management Guidelines for Blunt Thoracic Trauma“ folgende Therapiemöglichkeiten aufgelistet [52]:

- Intravenöse Narkotika
- Epiduralanästhesie
- Interkostale Nervenblockade
- Intrapleurale Anästhesie
- Thorakale Paravertebrale Blockade

Einfache Rippenfrakturen können initial durch die Gabe oraler Schmerzmittel, wie z.B. nichtsteroidale Antirheumatika oder Cyclooxygenase-II-Inhibitoren behandelt werden. Wird dadurch keine ausreichende Schmerzfreiheit erreicht, greift man zur oralen oder intravenösen Verabreichung von Opiaten, wie z.B. Morphin. In den letzten Jahren kommt hier vermehrt das Konzept der patientengesteuerten Schmerztherapie (Patientenkontrollierte Analgesie, PCA) zum Einsatz, wobei bei vorgegebener kontinuierlicher gewichtsadaptierter Dosis der Patient sich bei Schmerzsensationen über eine Pumpe selbständig eine zusätzliche vorgegebene maximale Bolusmenge verabreichen und damit die Schmerzen ausschalten kann.

Lässt sich auch dadurch eine ausreichende Analgesie nicht erreichen, besteht die Möglichkeit, durch eine interkostale Nervenblockade mittels direkter Applikation eines Lokalanästhetikums im Bereich der Fraktur eine suffiziente Schmerzausschaltung zu erzielen.

Bei einer intrapleuralem Anästhesie wird durch einen einliegenden Katheter das Lokalanästhetikum direkt in den Pleuraspalt appliziert. Eine paravertebrale Blockade wird durch die Verabreichung eines Anästhetikums in den Nebenwirbelsäulenbereich durch Injektion, Katheter oder Pumpe erzielt.

Bei multiplen Frakturen bedient man sich der Epi- bzw. Periduralanästhesie zur Schmerzstillung [44]. Dabei wird durch Injektion eines Lokalanästhetikums, eines Narkotikums oder einer Kombination der beiden in den Periduralraum des Wirbelkanals eine Analgesie erreicht [31]. Durch die Periduralanästhesie kann in Fällen, bei denen keine anderweitige Indikation zur Beatmung besteht, die maschinelle Ventilation umgangen werden [62], was wiederum das Risiko einer beatmungsinduzierten Pneumonie senkt. Ist eine maschinelle Beatmungstherapie indiziert, führt die Epiduralanästhesie laut Literatur zu einer verringerten Pneumonierate sowie zu einer kürzeren Beatmungsdauer [14].

B: Beatmung mittels Respirator

Ziel der Beatmungstherapie ist es, eine ausreichende Sauerstoffsättigung zu erreichen sowie die Lunge und das Lungengewebe vor einer weiteren Schädigung zu schützen. Eine allgemein gültige Beatmungsstrategie, die auf alle Traumapatienten anwendbar ist, existiert allerdings nicht [48]. Die Beatmung ist der Situation und dem Patienten individuell anzupassen.

Durch die Beatmung wird versucht, einer Hypoventilation entgegenzuwirken und durch den positiv endexpiratorischen Druck eine `innere Schienung´ der Thoraxwand zu erreichen [13]. Durch die Analgosedierung wird die Atemmuskulatur entlastet und eine paradoxe Atmung vermieden. Man unterscheidet eine `nicht-invasive Beatmung´, die über Nasen-, Mund-Nasen- oder Gesichtsmasken erfolgt, von einer `invasiven Beatmung´, bei der eine endotracheale Intubation vorausgehen muss und bei der gegebenenfalls im weiteren Verlauf ein Luftröhrenschnitt (sog. Tracheostoma) erforderlich ist.

C: Behandlungsprotokoll am Universitätsklinikum Würzburg

Am Universitätsklinikum Würzburg kommen zur analgetischen Therapie folgende Präparate zum Einsatz:

- Pyrazolonderivate (z.B. Metamizol)
- Anilinderivate (z.B. Paracetamol)
- Nichtsteroidale Antirheumatika (z.B. Ibuprofen, Diclofenac)
- Opioide (z.B. Oxycodon)

Die Periduralanästhesie mittels Lokalanästhetikum findet im Rahmen der Schmerzbehandlung ebenfalls Anwendung.

Unterstützend werden den Patienten standardmäßig Mukolytika zur Schleimlösung sowie antiobstruktive Inhalationen verabreicht. Bei Patienten mit pleuraler Reizung und persistierendem Hustenreiz ohne Sekretförderung erfolgt die Behandlung mit Codein.

Alle Patienten erhalten im Rahmen ihrer Behandlung Physiotherapie und Atemgymnastik als unterstützende Maßnahmen.

Sofern notwendig werden die Patienten am Universitätsklinikum Würzburg durch die nicht-invasive Beatmung im CPAP-Modus (Continuous Positive Airway Pressure) unterstützt.

1.5.2 Therapie der Begleitverletzungen

Kommt es in Folge eines Thoraxtraumas zu einem Pneumothorax, Hämatothorax oder Hämatothorax, so stellt die Anlage einer Thoraxdrainage zur Entlastung das therapeutische Mittel der Wahl dar. Die meisten Patienten können in der Regel mit der Einlage einer Thoraxdrainage und einer adäquaten Schmerztherapie erfolgreich behandelt werden [10].

Indikationen für die Anlage einer Thoraxdrainage sind [21]:

- Pneumothorax
- Hämatothorax
- Chylothorax (Ansammlung von Lymphflüssigkeit in der Pleurahöhle)¹
- Pleuraerguß (Zunahme der Flüssigkeit zwischen den Pleurablättern)¹
- Pleuraempyem (Ansammlung von entzündlichen Ergüssen in der Pleurahöhle)¹

Allen Indikationen gemein ist die Entlastung durch die Ableitung von Luft und/oder Flüssigkeiten mittels der Drainage und dadurch die Wiederherstellung der physiologischen Druckverhältnisse [29]. Nach Einlage der Thoraxdrainage muss der korrekte Sitz durch eine Röntgenaufnahme kontrolliert und die Drainage an ein Absaugsystem angeschlossen werden. Um ein Rückströmen des drainierten Materials zu verhindern, sind die Drainagesysteme mit einem Wasserschloss, einem Heimlich-Ventil oder mit einem Drei-Kammer-System versehen.

Zur Drainageanlage wird nach umfassender Lokalanästhesie und unter sterilen Kautelen ein 1 bis 2 cm großer Hautschnitt im 4., 5. oder 6. Intercostalraum der vorderen Axillarlinie durchgeführt [21, 26]. An den Hautschnitt schließt sich die stumpfe Präparation bis an den Oberrand der Rippe an, um das am Unterrand verlaufende Gefäß-Nerven-Bündel nicht zu verletzen. Nach Erreichen der Pleura wird diese eröffnet und mit dem Finger der Pleuraspalt nach gegebenenfalls vorhandenen Verwachsungen abgetastet. Im Anschluss daran wird die Drainage eingeführt und mittels Hautnaht fixiert.

¹ Die Krankheitsbilder des Chylothorax, des Pleuraergusses sowie das des Pleuraempyems finden in der vorliegenden Arbeit keine weitere Betrachtung.

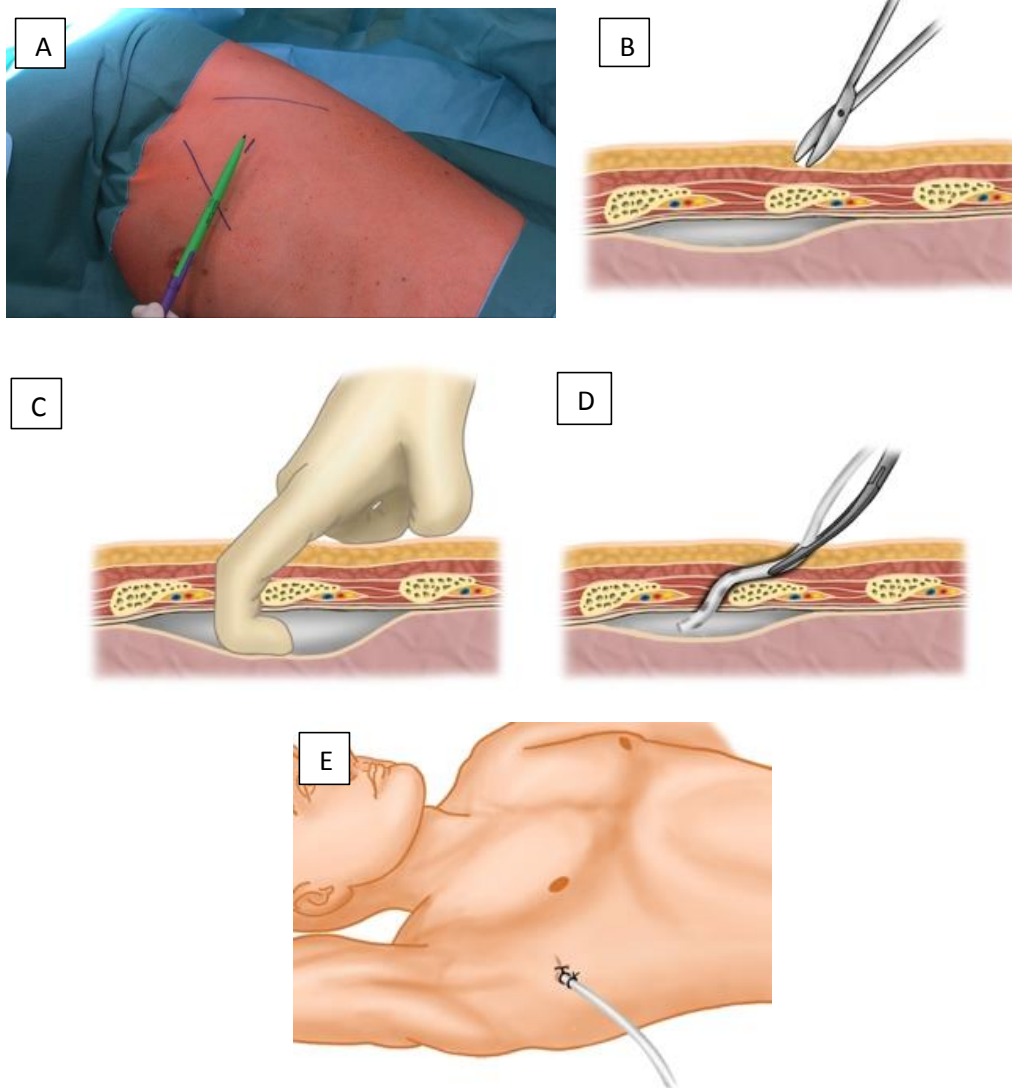


Abb. 6: Anlage einer Thoraxdrainage². A.) Hautschnitt B.) Stumpfe Präparation C.) Digitale Eröffnung des Pleuraraumes D.) Einführen und Positionieren der Drainage E.) Annaht (Bildnachweis: www.webop.de).

² Die Grafiken für Abbildung 6 mit freundlicher Genehmigung des Verlags webop GmbH, Köln (www.webop.de).

1.5.3 Operative Verfahren

In ihrem im Jahre 1958 erschienenen *Manual of Internal Fixation* formulierte die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese vier Behandlungsprinzipien [42], die als Grundlage aller späteren Osteosynthesen dienen sollten. Diese waren:

- Anatomische Reposition der Bruchfragmente
- Stabile Osteosynthese
- Aufrechterhaltung der Blutversorgung
- Frühzeitige, schmerzfreie, aktive Mobilisierung

Heutzutage gibt es Osteosynthesysteme verschiedener Hersteller, die die oben genannten Kriterien erfüllen, wie z.B.:

- Synthes System bzw. MatrixRIB™-Fixationssystem
(Firma DePuy Synthes, West Chester, Pennsylvania, USA)
- Strasbourgh Thoracic Osteosynthesis System - StraTos™
(Firma MedXpert, Eschbach, Deutschland)
- Ribloc® Fracture Plating System
(Firma Acute Innovations, Hillsboro, Oregon, USA)

In seltenen Fällen wird zur Therapie eine Thorakotomie durchgeführt. Unter einer Thorakotomie versteht man die operative Eröffnung des Brustkorbs. Sie stellt den chirurgischen Standardzugang für Operationen im Bereich des Brustkorbs dar. Indikationen zur Thorakotomie sind laut Van Waes et al. [63] das penetrierende Thoraxtrauma sowie ein gefördertes Gesamtvolumen von mehr als 1,5 Litern Blut bzw. mehr als 200 ml pro Stunde über die Drainage.

1.6 Das Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie

Das im Jahre 1993 von der Arbeitsgruppe Polytrauma der DGU gegründete 'Traumaregister' hat sich zum Ziel gesetzt, die Sicherheit und Qualität der Schwerverletztenversorgung zu steigern. Hierzu ist es notwendig, möglichst viele Patienten- und Behandlungsdaten zu erfassen. Aus den ursprünglich fünf am Traumaregister teilnehmenden Kliniken sind bundesweit mittlerweile 614 Kliniken (Stand: 2014) geworden, die jährlich die Datensätze von mehr als 25.000 Schwerverletzten dokumentieren. Inhalt des Datensatzes sind verschiedenste Variablen schwer verletzter Patienten vom Unfallort bis zum Zeitpunkt der

Klinikentlassung, wie z.B. die Stammdaten des Patienten, Vitalparameter bei Eintreffen des Notarztes sowie bei Erreichen der Notaufnahme, Verletzungsmuster und operative Eingriffe [25]. Die ermittelten Daten sollen den Kliniken dazu dienen, eigene Schwachstellen in der Schwerverletztenversorgung zu ermitteln und dadurch neue Behandlungsstrategien zu entwickeln.

1.7 Wissenschaftliche Fragestellung

Der Stellenwert der operativen Therapie ausgedehnter knöcherner Thoraxwandverletzungen ist zurzeit weiterhin unklar. Insbesondere problematisch ist hierbei die geringe Evidenzlage, da in Deutschland die Versorgung von Traumapatienten regelhaft in Kliniken stattfindet, die keine spezialisierte thoraxchirurgische Abteilung vorhalten [64]. Die Osteosynthese von Rippenfrakturen stellt derzeit in der klinischen Praxis noch die Ausnahme dar und der Großteil der Patienten wird konservativ behandelt.

Ziel der hier vorliegenden Dissertationsschrift ist eine Bewertung der klinischen Effektivität bei konservativer Versorgung ausgedehnter knöcherner Brustwandverletzungen anhand eines repräsentativen Patientenguts.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Es wurde eine retrospektive monozentrische Kohortenanalyse durchgeführt.

2.2 Patientenkohorte

Erfassung und Auswertung der Behandlungsverläufe und Stammdaten aller Patienten, die im Zeitraum von 2011 bis 2013 mit einer Rippenserienfraktur über den Schockraum der Universitätsklinik Würzburg aufgenommen wurden. Die Erhebung erfolgte pseudonymisiert als qualitätssichernde Maßnahme vor Initiierung einer Vergleichsstudie zwischen operierten und konservativ behandelten Patienten nach Thoraxtrauma. In der vorliegenden Analyse erfolgte keine Nachuntersuchung der Patienten.

2.3 Datenerhebung

Grundlage der Datenerhebung waren die Krankenakten und Pflegeprotokolle sowie die ausgefüllten Formulare des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Hieraus wurden folgende Parameter für jeden Patienten erfasst:

- Behandlungsjahr
- Geschlecht
- Alter
- Primäraufnahme durch Uniklinik Würzburg oder Zuverlegung aus anderer Klinik
- bei Zuverlegung: Klinikaufenthalt in der jeweiligen Klinik vor Verlegung
- Gesamtaufenthalt im Uniklinikum Würzburg
- Patient lebend entlassen oder verstorben
- Art des Traumas: Verkehrsunfall mit dem PKW, Verkehrsunfall mit dem Motorrad, Sturz, Sonstige
- entwickelter Pneumothorax
- Rippenserienfraktur
- begleitende Scapulafraktur (Scapula, lat., `Schulterblatt`)
- begleitende Sternumfraktur
- begleitende Claviculafraktur (Clavicula, lat., `Schlüsselbein`)
- sonstige Rippenfrakturen
- bestehende Lungenkontusion

- begleitende Zwerchfellruptur
- Punktwert auf der Glasgow Coma Scale
- initiale Bewusstlosigkeit
- Polytrauma laut Diagnoseschlüssel
- notwendige Tracheotomie
- Gesamtbeatmungsdauer
- Gesamtaufenthalt auf Intensivstation
- unterstützende Respiratortherapie
- Anlage einer Thoraxdrainage
- operative Intervention
- Angaben im Traumaregister
- notwendige Reanimation
- Größe³
- Gewicht³
- Body Mass Index³
- transfundierte Erythrozytenkonzentrate
- transfundiertes Plasma

³ Bei insgesamt 128 Patienten war aus den Krankenakten sowie den Pflegeprotokollen keine Angabe bezüglich des Körpergewichts bzw. der Körpergröße zu entnehmen. Folglich konnte bei diesen Patienten der Body Mass Index nicht bestimmt werden. Aufgrund dieser uneinheitlichen Datenlage (weniger als die Hälfte aller angegebenen Daten) werden die Parameter Größe, Gewicht und Body Mass Index in dieser Arbeit nicht näher betrachtet und finden keinen Einzug in die Analyse.

2.4 Statistische Analyse

Die ermittelten Daten wurden deskriptiv und explorativ untersucht. Es wurden beschreibende Maßzahlen für die einzelnen Variablen sowohl insgesamt als auch gruppiert berechnet, um den Datensatz zu beschreiben und mögliche Unterschiede oder Zusammenhänge aufzudecken. Als Software wurde die SPSS Version 22 verwendet (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.). Für metrische Variablen wurden Mittelwert und Median, als Streumaße Standardabweichung und Interquartilsabstand berechnet. Zusätzlich wurden Minimum- und Maximumwerte angegeben. Für nominale und ordinale Variablen wurden Häufigkeitstabellen und Kreuztabellen erstellt. Metrische Variablen wurden mittels Boxplots visualisiert, für die Darstellung ordinaler oder nominaler Variablen wurden Balkendiagramme eingesetzt.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkohorte

In den Jahren 2011, 2012 und 2013 wurden am Universitätsklinikum Würzburg insgesamt 251 Patienten mit der radiologisch gesicherten Diagnose Rippenserienfraktur aufgenommen und dokumentiert. Hiervon wurden 243 Patienten konservativ behandelt.

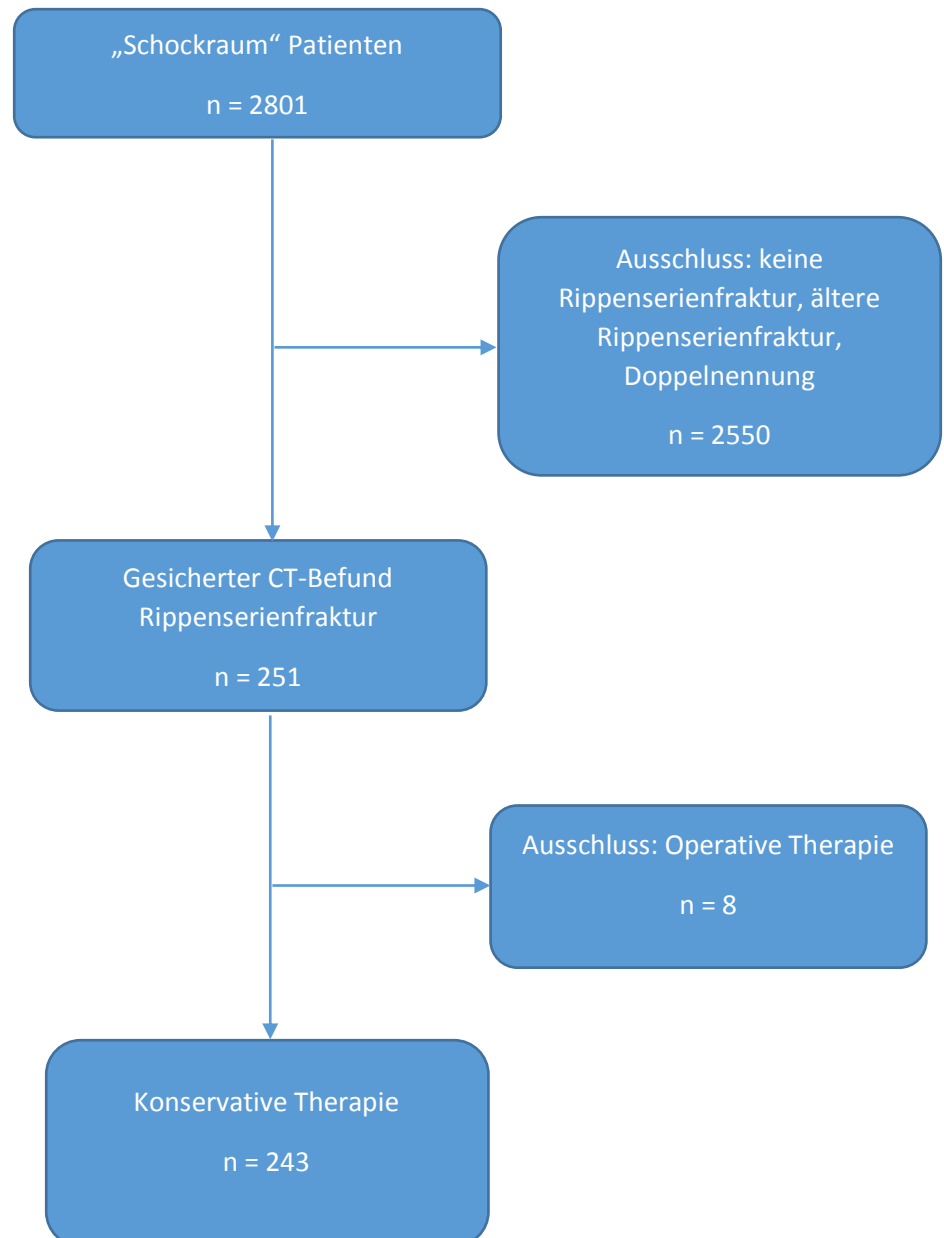


Abb. 7: Studienkollektiv und Ausschlusskriterien. (n = Anzahl)

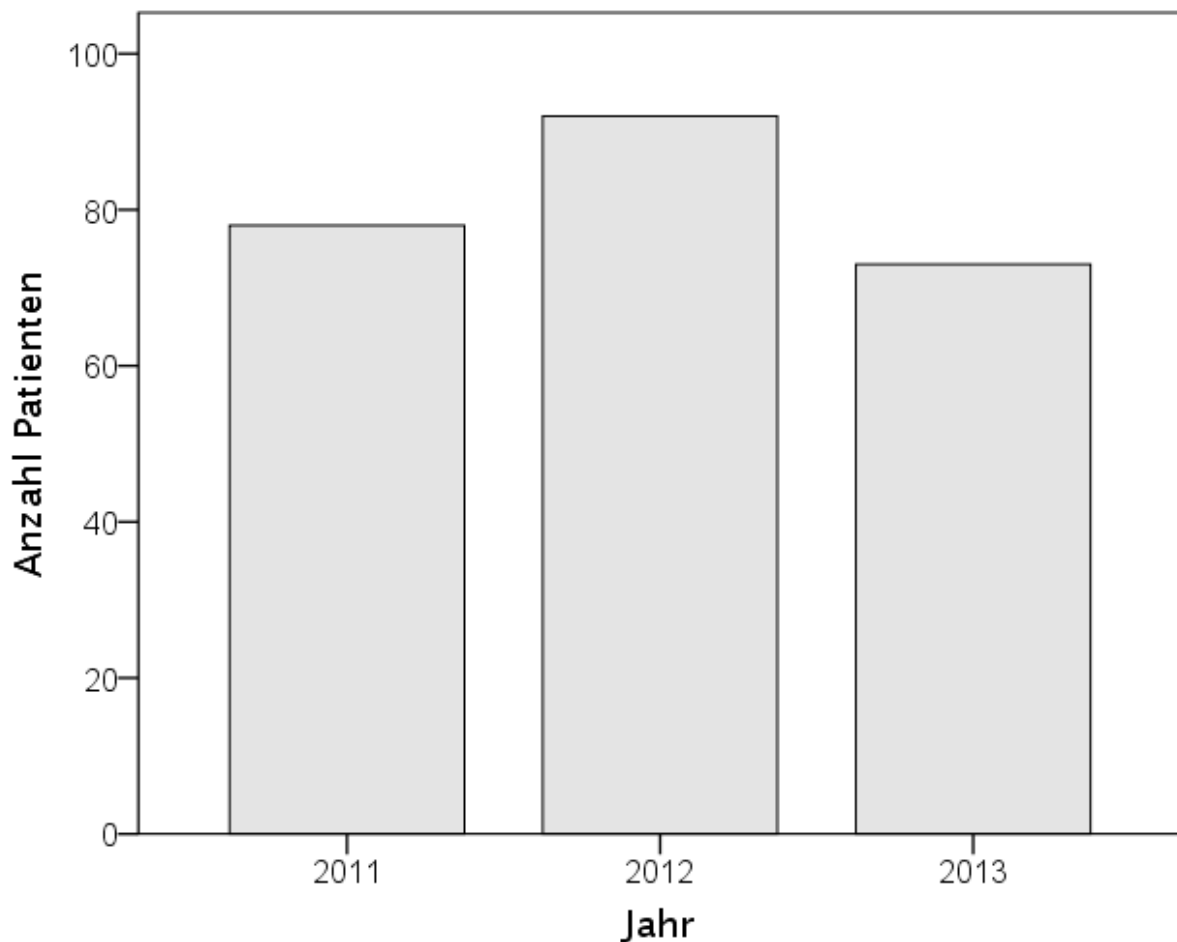


Abb. 8: Verteilung der Patienten nach Jahren.

Insgesamt waren 179 Patienten männlich (73,7%) und 64 Patienten weiblich (26,3%). Von diesen wurden 216 Patienten (88,9%) über den Schockraum der Universitätsklinik Würzburg primär aufgenommen, 27 Patienten (11,1%) wurden aus anderen Krankenhäusern verlegt.

Die Altersstruktur des untersuchten Patientenguts zeigt Tabelle 2:

Tab. 2: Verteilung der Patienten nach Alter

<u>Jahr</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Median</u>	<u>Stabw</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>IQR</u>
2011	50,9	49,0	21,8	13	92	37
2012	55,7	54,0	19,5	15	92	27
2013	60,1	59,0	19,2	16	93	28
Gesamt	55,4	54,0	20,4	13	93	28

Das Durchschnittsalter im Gesamtbetrachtungszeitraum 2011 bis 2013 lag damit bei 55,4 Jahren.

Während des Beobachtungszeitraums sind in 65,8 % der Fälle Eintragungen im Traumaregister vorgenommen worden.

Über die Jahre konnte hier ein Zuwachs an Eintragungen verzeichnet werden (2011: 50,0%, 2012: 64,1 %, 2013: 84,9%).

3.2 Verletzungsmuster

Die Analyse der Verteilung der Rippenserienfrakturen in den Jahren 2011 bis 2013 wurde in Rippenserienfrakturen der linken wie der rechten Seite sowie beidseitige Rippenserienfrakturen unterteilt.

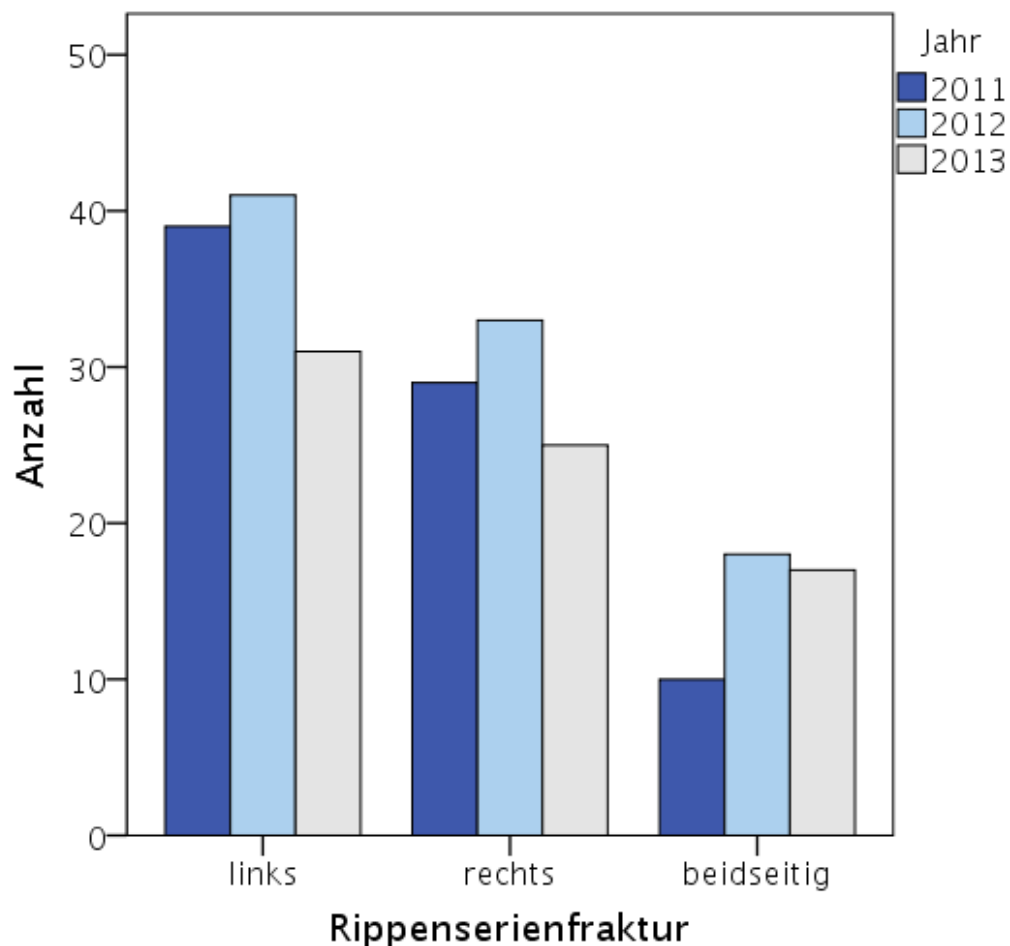


Abb. 9: Verteilung der Rippenserienfrakturen pro Jahr.

Rippenserienfrakturen der linken Thoraxseite traten mit 45,7% (111 Patienten) am häufigsten auf. Dagegen waren Rippenserienfrakturen der rechten Seite bei 35,8 % (87 Patienten) zu finden. 18,5% (45 Patienten) wiesen beidseitige Rippenserienfrakturen auf.

Des Weiteren lagen bei 11,1% der Patienten (n = 27) begleitende Rippenfrakturen der linken Seite sowie bei 14,0% der Patienten (n = 34) begleitende Rippenfrakturen der rechten Seite als komplizierende Frakturen zur führenden kontralateralen Rippenserienfraktur vor.

Eine begleitende Scapulafraktur hatten zwischen 2011 und 2013 insgesamt 39 Patienten (16,0%). Eine Sternumfraktur konnte bei insgesamt 43 Patienten (17,7%) gefunden werden. Weitere 31 Patienten (12,8%) erlitten eine begleitende Claviculafraktur.

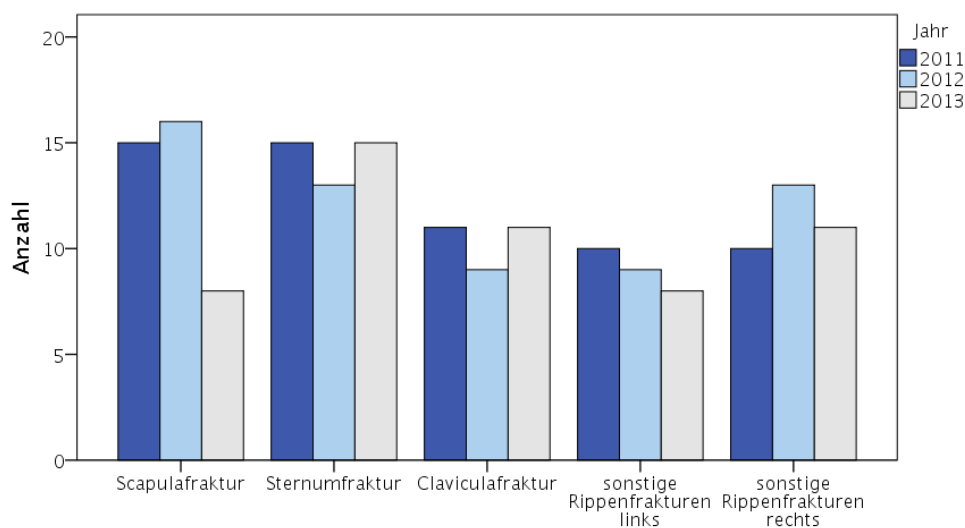


Abb. 10: Verteilung der Frakturen pro Jahr.

Eine Zwerchfellruptur wiesen innerhalb des Patientenguts lediglich 2 Patienten (0,8%) auf.

Einen Pneumothorax hatten 50,6 % der Behandelten (123 Patienten). Hiervon zeigten 23,5 % (57 Patienten) einen Pneumothorax der linken Seite, 16,5 % (40 Patienten) einen Pneumothorax der rechten Seite. 10,7 % der Untersuchten (26 Patienten)

erlitten einen beidseitigen Pneumothorax. 49,4 % (120 Patienten) wiesen keinen Pneumothorax auf.

Die Verteilung der Lungenkontusion stellte sich wie folgt dar:

Tab. 3: Auftreten von Lungenkontusionen

	2011	2012	2013	Gesamt
Keine Lungenkontusion	48	59	57	164
Lungenkontusion	30	33	16	79
Gesamt	78	92	73	243

3.3 Traumamechanismen

Den Traumata der in den Jahren 2011 bis 2013 verunglückten Patienten, welche aus dem Trauma resultierende Rippenserienfrakturen aufwiesen, lagen folgende Traumamechanismen zugrunde:

- Sturz
- Verkehrsunfall mit dem PKW
- Verkehrsunfall mit dem Motorrad
- Sonstige

Unter „Sonstige“ werden Kompressionstraumen, penetrierende Thoraxverletzungen, Fahrradunfälle, Unfälle als Fußgänger sowie alle Traumen, bei denen die Unfallursache unklar ist, zusammengefasst.

Für die einzelnen Jahre zeigten sich folgende Verletzungsursachen:

Tab. 4: Verteilung der Traumamechanismen pro Jahr

	<u>2011</u>	<u>2012</u>	<u>2013</u>	<u>Gesamt</u>	<u>%</u>
Sturz	31	35	26	92	37,9
PKW	24	27	29	80	32,9
Motorrad	14	15	6	35	14,4
Sonstige	9	15	12	36	14,8
Gesamt	78	92	73	243	100

3.3.1 Monatsabhängige Betrachtung

Wie zu erwarten traten während der Wintermonate November, Dezember, Januar und Februar keine Motorradunfälle mit resultierender Rippenserienfraktur auf. Mit Beginn des Frühjahrs im März zeigte sich eine monatlich ansteigende Anzahl an Motorradunfällen.

Häufigste Traumaursache in unserer Patientenpopulation waren Stürze. Eine vergleichbare saisonale Häufung wie bei den Motorradunfällen ließ sich hierbei allerdings nicht feststellen. Die Anzahl der Verkehrsunfälle mit dem PKW, welche eine Rippenserienfraktur zur Folge hatten, verteilte sich ebenfalls relativ gleichmäßig über das Jahr. Hier zeigte sich nur eine geringe Häufung der Unfälle in der zweiten Jahreshälfte. In den Monaten April bis September erlitten insgesamt 135 Patienten ein Trauma mit resultierender Rippenserienfraktur, während es in den Monaten Oktober bis März nur 108 Patienten waren. Somit kam es während der Frühlings- und Sommermonate häufiger zu Unfällen mit Rippenserienfrakturen als Traumafolge.

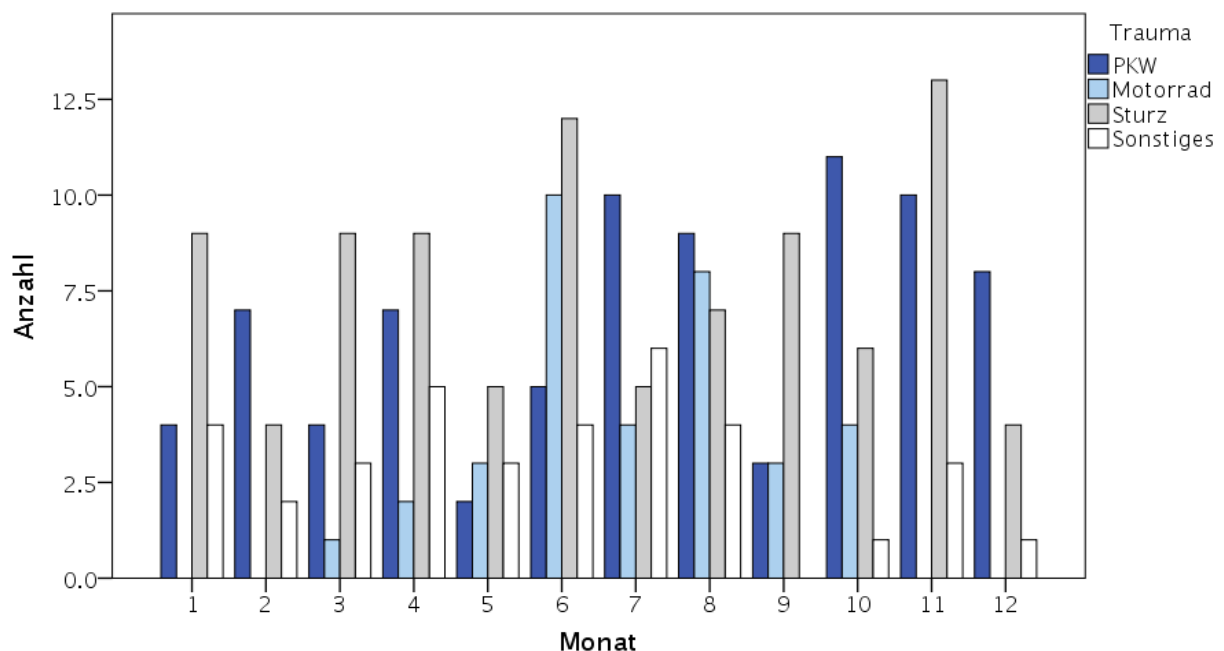


Abb. 11: Verteilung der Traumamechanismen nach Monaten.

3.4 GCS

Die Werte der GCS wurden im Jahr 2011 bei 4 Patienten (5,1 %), im Jahr 2012 bei 13 Patienten (14,1 %) und im Jahr 2013 bei 13 Patienten (17,8 %) nicht dokumentiert. Für das übrige Patientengut ergaben sich folgende Werte:

Tab. 5: Verteilung GCS pro Jahr

<u>Jahr</u>	<u>Mittelwert</u>	<u>Median</u>	<u>Stabw</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>IQR</u>
2011	12,1	15,0	4,3	3	15	5
2012	12,8	15,0	3,7	3	15	2
2013	11,7	15,0	4,8	3	15	7
Gesamt	12,3	15,0	4,2	3	15	5

Der durchschnittliche Wert der GCS betrug für die Jahre 2011 bis 2013 12,3 Punkte. Damit wiesen die Patienten im Durchschnitt ein mittelschweres Schädel-Hirn-Trauma auf.

Betrachtet man die Gruppen $GCS \leq 8$, $GCS 9$ bis 12 und $GCS \geq 13$, so ergibt sich folgendes Verteilungsmuster:

Tab. 6: Verteilung GCS gruppiert

<u>GCS</u>	<u>Häufigkeit</u>	<u>Prozent</u>
≤ 8	45	18,5
9 bis 12	17	7,0
≥ 13	151	62,1
Gesamtsumme	213	87,7
Fehlend	30	12,3
Gesamt	243	100,0

Die große Mehrheit (62,1 %) wies somit einen GCS von ≥ 13 auf und konnte der Gruppe eines leichten Schädel-Hirn-Traumas zugeordnet werden.

Eine initiale Bewusstlosigkeit bestand bei 50 Patienten (20,6 %). 193 Patienten (79,4 %) wurden wach und ansprechbar angetroffen. Laut Diagnoseschlüssel in der

Falldokumentation wiesen von den 243 Patienten, die untersucht wurden, 140 Patienten (57,6 %) ein Polytrauma auf.

3.5 Therapie

Unter dem Oberbegriff Therapie wurden in der Auswertung die Punkte Thoraxdrainage, Respiratortherapie, Reanimation, Tracheotomie sowie transfundierte Plasma- bzw. Erythrozytenkonzentrate untersucht.

3.5.1 Thoraxdrainage

Das am häufigsten zum Einsatz kommende Mittel in der Therapie von Thoraxtraumata stellte die Anlage einer Thoraxdrainage dar.

Im Verlauf der Jahre 2011 bis 2013 wurden insgesamt 110 Patienten (45,3 %) mittels einer Thoraxdrainage behandelt. Hiervon erhielten 38 Patienten (15,6 %) eine Drainage der linken Thoraxseite und 33 Patienten (13,6 %) erhielten eine Thoraxdrainage der rechten Seite. Bei 39 Patienten (16,0 %) wurde beidseitig eine Thoraxdrainage gelegt. Bei 133 Patienten (54,7 %) wurde keine Drainage eingebracht.

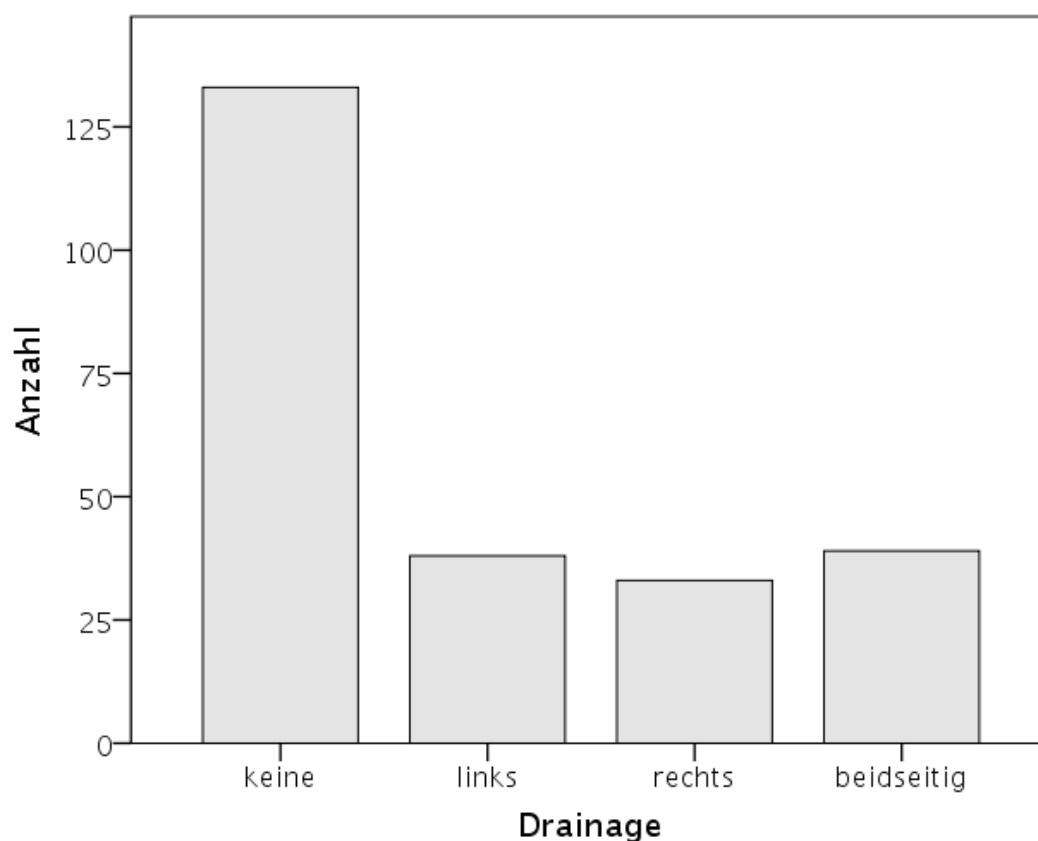


Abb. 12: Übersicht über die Anlage einer Thoraxdrainage.

3.5.2 Respiratortherapie

Eine Beatmung mittels Respirator erfolgte zwischen 2011 und 2013 bei 49,0 % (n=119) der Patienten. Die durchschnittliche Beatmungsdauer lag bei 118,1 Stunden.

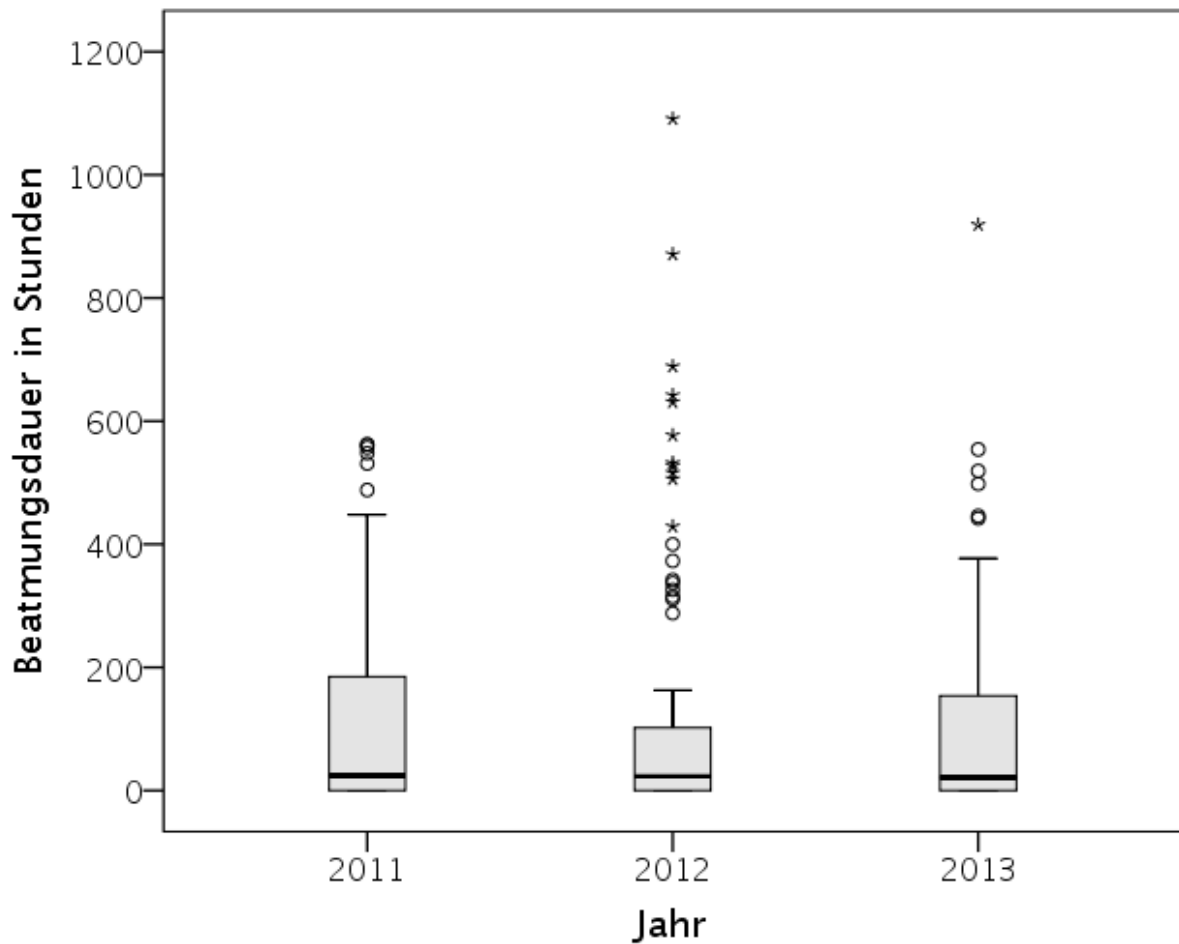


Abb. 13: Verteilungsmuster der Beatmungsdauer in den Jahren 2011 bis 2013.

Deutlich zu erkennen ist in der Abbildung die große Bandbreite an Streuungen hinsichtlich der Beatmungsdauer. Die angegebenen Werte schwanken zwischen 0 Stunden (keine Beatmung) und 1091 Stunden.

Subgruppenvergleich zwischen polytraumatisierten und nicht polytraumatisierten Patienten

Von den 140 polytraumatisierten Patienten in den Jahren 2011 bis 2013 mussten sich insgesamt 104 (74,2 %) einer Beatmungstherapie unterziehen. 36 Patienten (25,8 %) waren nicht beatmungspflichtig.

Die nicht polytraumatisierten Patienten zeigten insgesamt eine deutlich geringere Beatmungspflicht als die polytraumatisierten Patienten (56,4 % vs. 74,2 %). Mehr als 40 % dieser nicht polytraumatisierten Patienten konnten mit suffizienter Eigenatmung und Gasaustausch konservativ behandelt werden.

Tab. 7: Anzahl beatmeter und nicht beatmeter Patienten bei Polytrauma bzw. ohne Polytrauma

	<u>Polytrauma</u>	<u>Kein Polytrauma</u>
Beatmet	104 (74,2 %)	58 (56,4 %)
Nicht beatmet	36 (25,8 %)	45 (43,6 %)
Gesamt	140 (100 %)	103 (100 %)

Somit erhöht das Vorliegen eines Polytraumas in Gegenwart einer Rippenserienfraktur die Wahrscheinlichkeit einer Beatmungspflichtigkeit.

Bezüglich der Gesamtaufenthaltsdauer am Universitätsklinikum Würzburg und der Beatmungsdauer ergab sich zwischen den beiden Gruppen folgender Unterschied:

Beatmete polytraumatisierte Patienten hielten sich im Durchschnitt 18,4 Tage im Universitätsklinikum Würzburg auf. Diejenigen, die sich keiner Beatmungstherapie unterziehen mussten, konnten das Krankenhaus bereits nach 10,5 Tagen wieder verlassen.

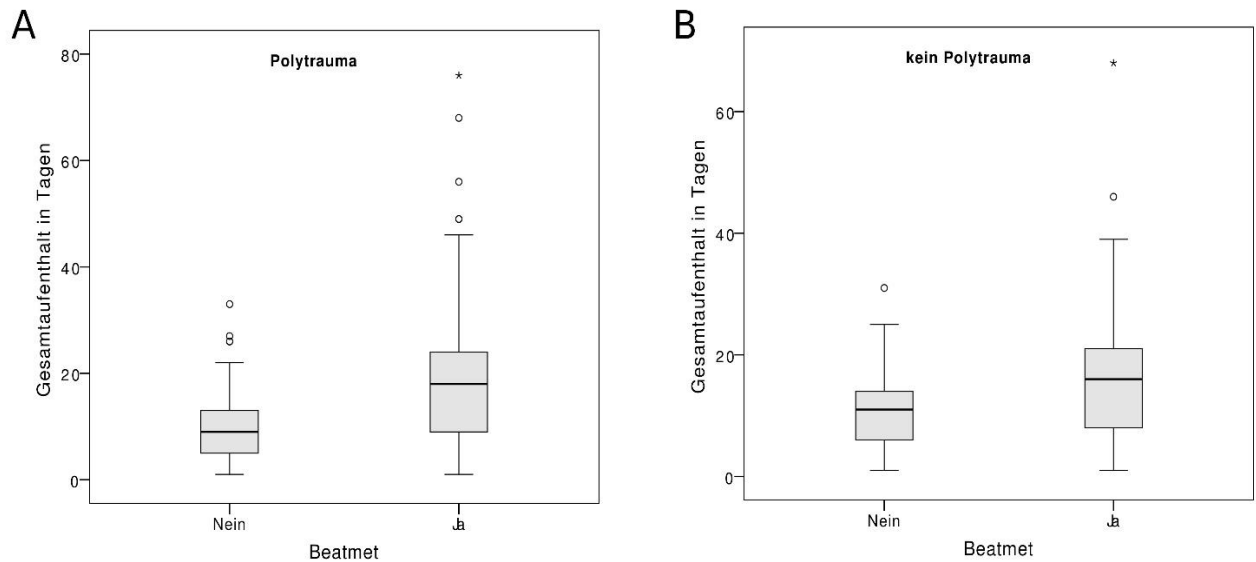


Abb. 14: Vergleich der Gesamtaufenthaltsdauer polytraumatisierter und nicht polytraumatisierter Patienten mit und ohne Beatmungstherapie (A: Patienten mit Polytrauma, B: Patienten ohne Polytrauma).

Bei der Gruppe der nicht polytraumatisierten Patienten ergab sich in der Beatmungsgruppe eine mittlere Aufenthaltsdauer von 16,6 Tagen. Die Patienten ohne Beatmungstherapie konnten bereits nach 10,7 Tagen entlassen werden.

Die Beatmungsdauer in der Gruppe der polytraumatisierten Patienten belief sich im Durchschnitt auf 199,0 Stunden. Im Gegensatz dazu wurden die nicht polytraumatisierten Patienten im Schnitt nur 138,2 Stunden beatmet.

Tab. 8: Beatmungsdauer polytraumatisierter und nicht polytraumatisierter Patienten

	<u>Mittelwert</u>	<u>Median</u>	<u>Stabw</u>	<u>Min</u>	<u>Max</u>	<u>IQR</u>
Polytrauma	199,0	94,0	223,3	1	1091	319
Kein Polytrauma	138,2	46,5	188,8	1	871	195

3.5.3 Tracheotomie

Ein Tracheostoma zur längerfristigen Beatmung wurde im Verlauf bei insgesamt 45 Patienten angelegt. Dies macht einen Anteil von 18,5 % am gesamten Patientengut aus. Im Einzelnen waren es 16 Patienten (20,5 %) im Jahr 2011, 19 Patienten (20,6 %) im Jahr 2012 und 10 Patienten (13,6 %) im Jahr 2013.

3.5.4 Reanimation

Während des Untersuchungszeitraums wurden im Laufe der Behandlung insgesamt 20 Patienten (8,2 %) reanimationspflichtig. Es waren 5 Patienten (6,4 %) im Jahr 2011, 11 Patienten (11,9 %) im Jahr 2012 und 4 Patienten (5,4 %) im Jahr 2013.

3.5.5 Verabreichung von Plasma bzw. Erythrozytenkonzentraten

Im Betrachtungszeitraum wurden den 243 behandelten Patienten in 57 Fällen (23,5 %) Plasma sowie in 82 Fällen (33,7 %) Erythrozytenkonzentrate transfundiert.

Bei der Erhebung der Daten war größtenteils eine genaue Zahl der transfundierten Einheiten nicht herauszufinden. Es wurde daher eine reine Unterteilung in „Transfusion erhalten“ bzw. „keine Transfusion erhalten“ getroffen. Bei Transfusion einer Einheit Plasma ist von einem Volumen von 200 ml, bei einer Einheit Erythrozytenkonzentrat von einem Volumen von 300 ml auszugehen.

Bei den Transfusionen ist im Verlauf der Jahre eine abnehmende Tendenz zu erkennen. Wurde im Jahre 2011 noch in 32,0 % der Fälle Plasma transfundiert, war dies im Jahre 2013 nur noch in 16,4 % der Fälle zu verzeichnen. Analog verhielt es sich bei der Transfusionsrate von Erythrozytenkonzentraten. Hier waren es im Jahr 2011 38,4 % der Fälle und im Jahr 2013 nur noch 31,5 % der Fälle.

3.6 Stationärer Aufenthalt

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Dauer des Gesamtaufenthalts am Universitätsklinikum Würzburg, der Dauer des Krankenhausaufenthalts vor der Verlegung in das Universitätsklinikum Würzburg sowie die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation im Universitätsklinikum Würzburg dargestellt.

3.6.1 Stationäre Behandlungsdauer im Universitätsklinikum Würzburg

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Patienten, die zwischen 2011 und 2013 wegen einer Rippenserienfraktur im Universitätsklinikum Würzburg konservativ behandelt wurden, betrug 15,4 Tage.

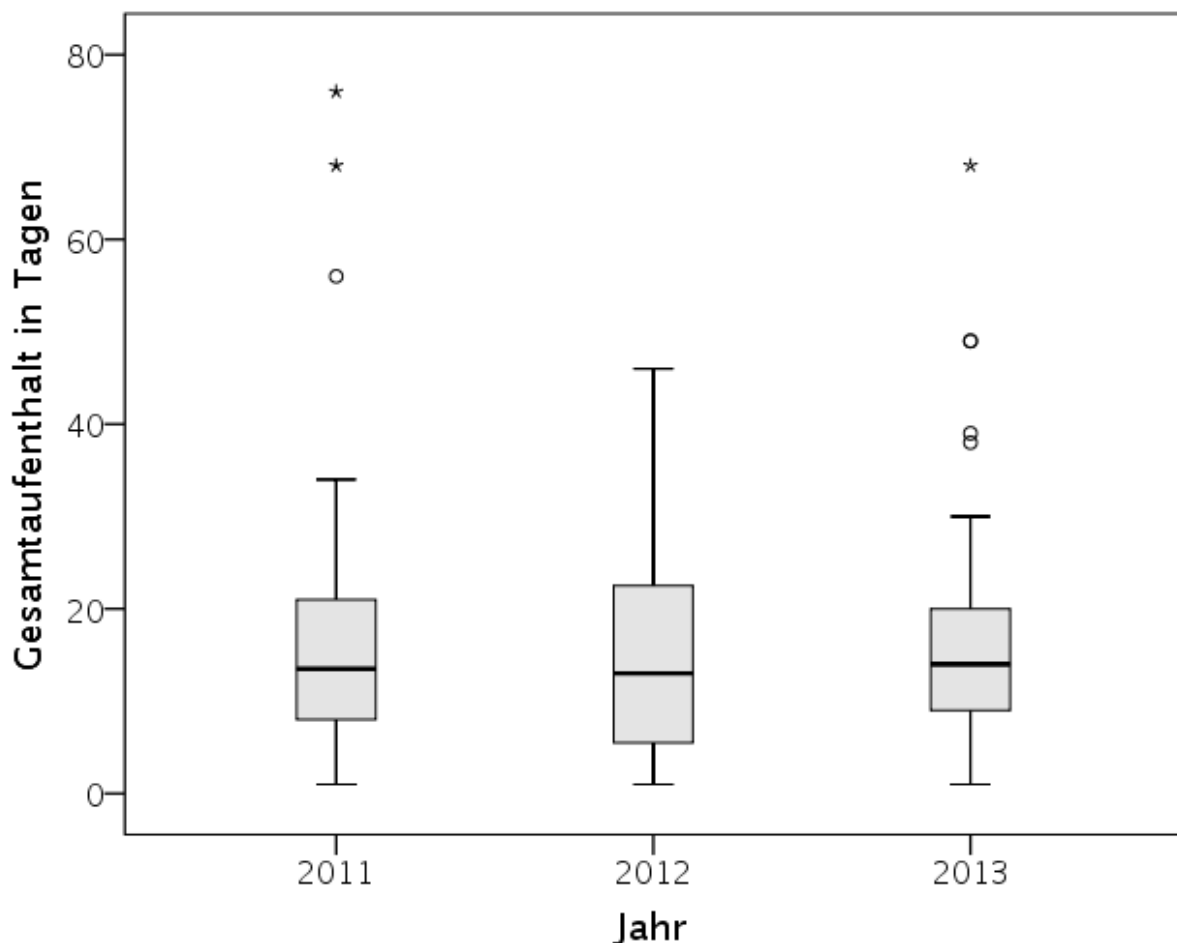


Abb. 15: Gesamtaufenthalt bei Patienten mit einer konservativ behandelten Rippenserienfraktur.

Hier ist deutlich zu erkennen, dass die Mediane der einzelnen Jahre sehr eng beieinander liegen. Dies bedeutet, dass sich an der Gesamtaufenthaltsdauer im Verlauf der Jahre keine relevante Änderung ergeben hat.

3.6.2 Vorbehandlung in anderen Krankenhäusern

Wie in 3.1 bereits dargelegt, wurden insgesamt 27 Patienten nach Trauma in einem anderen Krankenhaus aufgenommen und in das Universitätsklinikum Würzburg weiter verlegt. Die durchschnittliche Dauer des Krankenhausaufenthaltes vor der Verlegung betrug 2,6 Tage.

3.6.3 Dauer des Intensivaufenthalts

Im Durchschnitt befanden sich die Patienten für 7,4 Tage auf der Intensivstation.

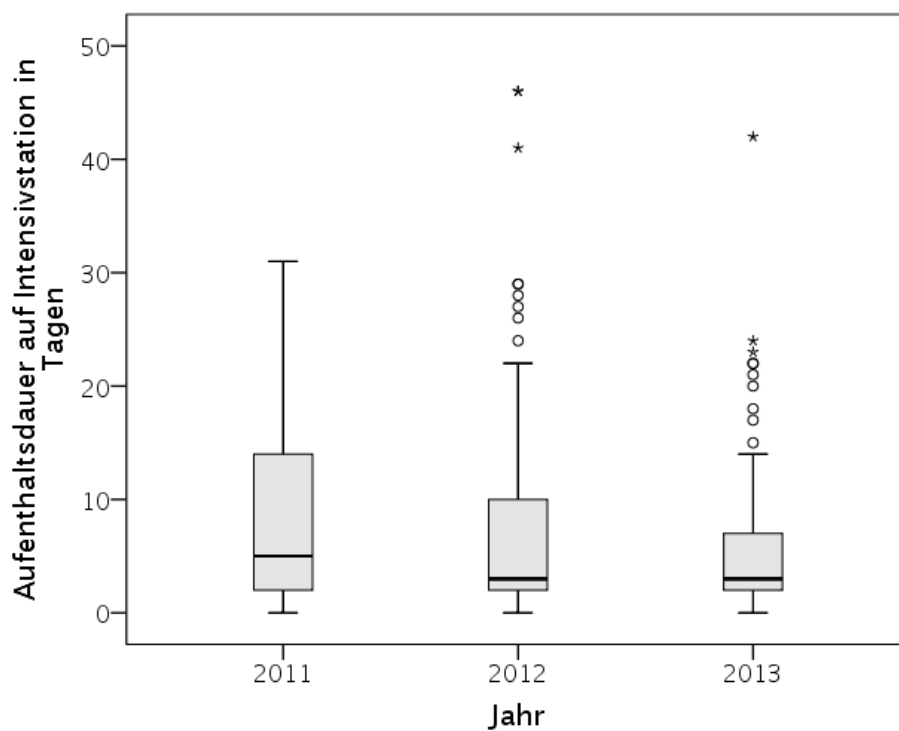


Abb. 16: Dauer des Intensivaufenthalts pro Jahr.

Anhand der im Laufe der Jahre rückläufigen Mediane (2011: 5,0; 2012: 3,0; 2013: 3,0) lässt sich ein Rückgang der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation feststellen.

3.7 Entlassung

Von den insgesamt 243 Patienten, die im Untersuchungszeitraum am Universitätsklinikum Würzburg mit einer Rippenserienfraktur konservativ behandelt wurden, verließen 211 Patienten (86,8 %) das Krankenhaus lebend. Hieraus resultiert eine innerkrankenhäusliche Mortalitätsrate von 13,2 % (32 Fälle).

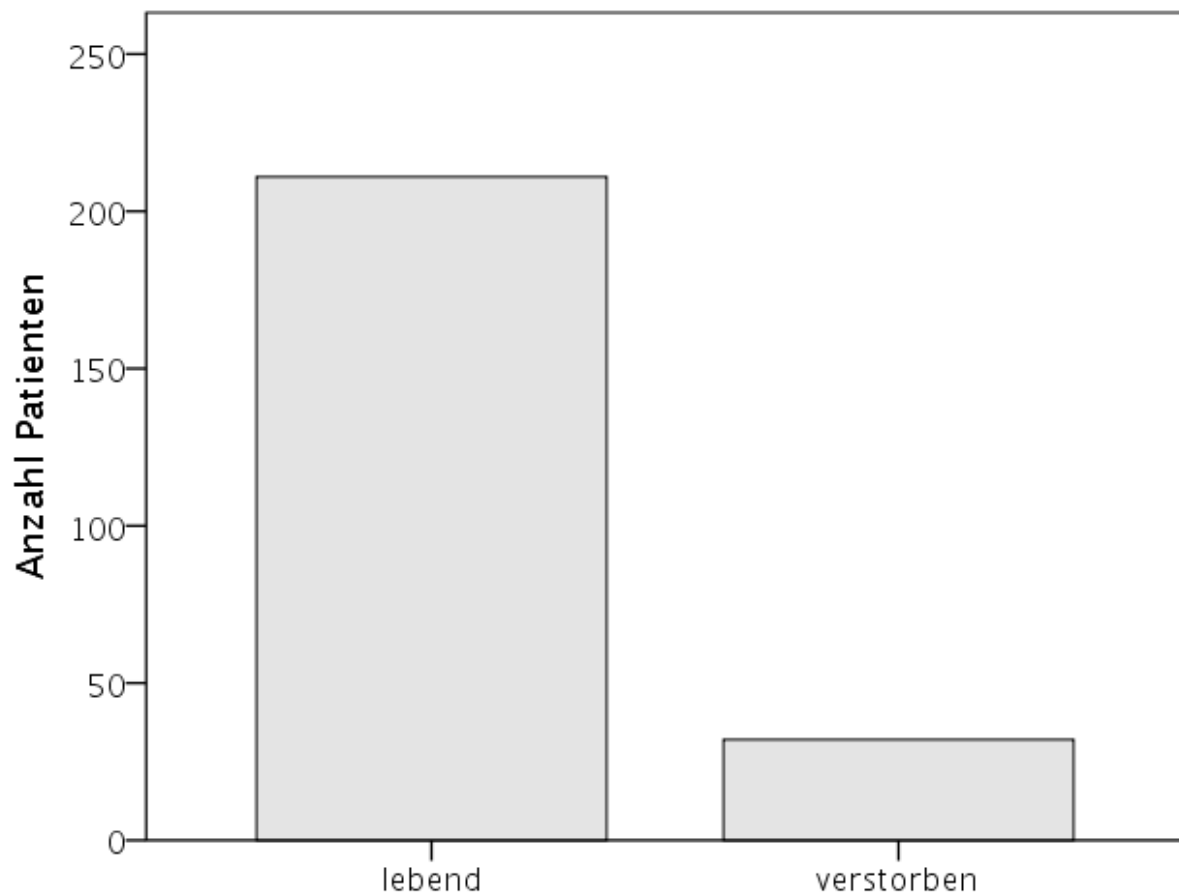


Abb. 17: Innerkrankenhäusliche Mortalitätsrate.

4 Diskussion

Unter einem Thoraxtrauma versteht man eine Verletzung des knöchernen Brustkorbs und seiner Organe und Organsysteme. Thoraxtraumata treten häufig im Rahmen eines Polytraumas auf. Die Inzidenz des Thoraxtraumas lag laut Jahresbericht der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie in den Jahren 2011 bis 2013 bei 59,2 % der schwerverletzten Patienten [24]. Man unterscheidet das stumpfe vom penetrierenden Thoraxtrauma, wobei das stumpfe Thoraxtrauma den weitaus größeren Teil ausmacht (Adegboye et al.: 69 % [1]). Das Verletzungsmuster bei Thoraxtraumen reicht von knöchernen Verletzungen, also Frakturen, Serienfrakturen oder Flail Chest, bis hin zu Organverletzungen der thorakalen Organe oder einer lebensbedrohlichen Begleit- oder Folgeverletzung, wie z.B. der Lungenkontusion, dem Pneumo-, Hämato- oder Spannungspneumothorax, welcher unbehandelt zum Tode führt [32].

Nach umfassender Diagnostik mittels konventionellem Röntgen, Computertomografie und Sonografie sowie EKG, BGA und Bronchoskopie bzw. Ösophagoskopie und gesicherter Diagnosestellung gliedert sich die Therapie in konservative und operative Verfahren. Die Mehrzahl der Patienten, die ein Thoraxtrauma erlitten haben, bedarf keiner operativen Therapie zur Behandlung der Thoraxverletzungen [65]. Die operative Therapie stellt eine Verplattung bzw. Verbolzung mittels Osteosyntheseplatten und -schienen dar. Im Gegensatz dazu wird durch die konservative Therapie versucht, mittels Gabe von Schmerzmitteln eine schmerzbedingt flache Atmung zu vermeiden, in deren Folge es zu einer Sekretretention und daraus resultierend zu einer Pneumonie kommen kann. Eine weitere Säule der konservativen Behandlung stellt die Respiratortherapie dar. Hierbei wird einer Hypoventilation entgegengewirkt und durch den positiven endexpiratorischen Druck eine innere Schienung der Thoraxwand erzielt. Unterstützend werden Mukolytika, antiobstruktive Inhalation sowie, bei Bedarf, Codein zur Unterdrückung des Hustenreizes verabreicht. Zusätzlich erhalten die Patienten Physiotherapie und Atemgymnastik.

Erleiden die Patienten einen Pneumo-, Hämato- oder Hämato-pneumothorax, so genügt bei der Mehrzahl der Patienten zur Therapie die Einlage einer Thoraxdrainage und eine adäquate Schmerztherapie [10]. Durch die Thoraxdrainage wird Luft und/oder Flüssigkeit abgeleitet, wodurch es zur Wiederherstellung der physiologischen Druckverhältnisse kommt [29].

In der hier vorliegenden Dissertationsschrift wurden die Daten von 243 Patienten, die nach erlittenem Thoraxtrauma mit resultierender Rippenserienfraktur in den Jahren 2011 bis 2013 am Universitätsklinikum Würzburg konservativ behandelt wurden, ausgewertet. Ziel der Arbeit war die Beurteilung des aktuellen Stellenwertes der konservativen Therapie bei ausgedehnten knöchernen Brustwandverletzungen im Hinblick auf die Gesamtaufenthaltsdauer im Krankenhaus (Hospital length of stay, HospitalLOS), die Intensivdauer (Intensive care unit length of stay, ICULOS), die Beatmungsdauer (Duration of mechanical ventilation, DMV) sowie die Mortalitätsrate.

- **Die Gesamtaufenthaltsdauer (HospitalLOS):**

In unserem konservativ behandelten Patientenkollektiv ergab sich über den Beobachtungszeitraum eine durchschnittliche Gesamtaufenthaltsdauer im Krankenhaus von 15,4 Tagen. Im Vergleich zu den aktuellen Studien von Marasco et al. (2013) [35], Doben et al. [16], Huber et al. [27] sowie Lin et al. [34], welche allesamt Aufenthaltsdauern von über 20 Tagen (22 Tage bis 28,5 Tage) beschrieben, ist die in unserer Studie ermittelte Gesamtaufenthaltsdauer von knapp zwei Wochen als unterdurchschnittlich zu bewerten (Tab. 9). Dies zeigt das gezielte interdisziplinäre Vorgehen bei thoraxtraumatisierten Patienten in unserem Hause, welches zur deutlichen Verkürzung der Krankenhausaufenthaltsdauer und schnellerer Restitutio der Patienten führt. In einer anderen Untersuchung von Marasco et al. (2015) [37] sowie in der Studie von Söderlund et al. [54] konnten deutlich kürzere Krankenhausaufenthalte im Vergleich zu unserer Untersuchung gezeigt werden (8 Tage bzw. 11,6 Tage), wobei in dieser Studie von Marasco et al. (2015) [37] eine Unterteilung in eine Gruppe mit Thoraxtrauma als Leitsymptom und eine Gruppe mit mehreren Traumata getroffen wurde, welche in unserer Untersuchung nicht stattgefunden hat. Granetzny et al. [22] konnten in ihrer Studie, in der sie die Ergebnisse der operativen und der konservativen Therapie knöcherner Brustwandverletzungen miteinander verglichen, herausfinden, dass durch den Einsatz von operativen Methoden die Gesamtaufenthaltsdauer im Krankenhaus drastisch reduziert werden konnte (23,1 Tage vs. 11,7 Tage). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch die Studiengruppe von Leinicke et al. [33]. Hier konnte durch den Einsatz operativer Verfahren die Gesamtaufenthaltsdauer um 3,8 Tage im Vergleich zur konservativ behandelten Gruppe verkürzt werden.

Tab. 9: Metaanalyse der aktuellen Literatur

Jahr	Autoren	HospitalLOS	ICULOS	DMV	Mortalität
2011	Althausen et al. [3]	19 Tage	9,6 Tage	9,6 Tage	k.A.
2013	Marasco et al. [35]	25 Tage	18,6 Tage(*)	7,5 Tage(*)	4,3 %
2014	Doben et al. [16]	28,5 Tage	15,3 Tage	18 Tage	k.A.
2014	Huber et al. [27]	25,3 Tage	11,7 Tage	7,3 Tage	17,5 %
2014	Lin et al. [34]	24,1 Tage	8,7 Tage	7,8 Tage	2,2 %
2014	Söderlund et al. [54]	11,6 Tage	8,5 Tage	k.A.	6,4 %
2015	Marasco et al. [37]	8 Tage	k.A	k.A.	6,8 %
2015	Eigene Ergebnisse	15,4 Tage	7,4 Tage	4,9 Tage(*)	13,2 %

(*)= Werte aus Stunden in Tage umgerechnet

- **Die Intensivdauer (ICULOS):**

Betrachtet man die Liegedauer auf der Intensivstation, so war diese in unserer Studie mit einem Durchschnittswert von insgesamt 7,4 Tagen vergleichsweise kurz. Ähnliche, wenn auch längere Verweildauern auf der Intensivstation konnten mit 8,5 Tagen bei der Studiengruppe um Söderlund et al. [54] sowie mit 8,7 Tagen in der Studie von Lin et al. [34] ermittelt werden. Bei letzterer Studie konnte die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation durch den frühzeitigen Einsatz der videoassistierten Thorakoskopie (VATS) im Durchschnitt deutlich von 14,6 Tagen (späte VATS) auf 5,0 Tage (frühe VATS) reduziert werden. Der Einsatz der Thorakoskopie wurde nach stumpfem Thoraxtrauma durchgeführt, um intrathorakale Läsionen frühzeitig lokalisieren zu können. Außerdem erfolgte mit der Etablierung einer frühzeitigen VATS die Behandlung eines Hämato- bzw. Pneumothorax als Alternative zu einer herkömmlichen Thoraxdrainageanlage. Söderlund et al. [54] stellten fest, dass die Einflussfaktoren auf eine prolongierte Liegedauer auf der Intensivstation die

Zugehörigkeit zum männlichen Geschlecht, ein systolischer Blutdruck von weniger als 90 mmHg zum Zeitpunkt der Einlieferung, beidseitige Rippenfrakturen sowie eine Operation an der Wirbelsäule waren.

Bereits 2002 stellten Tanaka et al. [58] fest, dass sich durch die geeignete Wahl operativer Therapieverfahren die Liegedauer auf der Intensivstation von im Mittel 26,8 Tagen auf 16,5 Tage deutlich reduzieren ließ. Diese These wurde von Marasco et al. mehrfach bestätigt (2013, 2015) [35, 38].

- **Die Beatmungsdauer (DMV):**

Bei der durchschnittlichen Beatmungsdauer ergab sich in unserer Studie ein Wert von 4,9 Tagen. Verglichen mit der Literatur ließen sich keine kürzeren Beatmungsdauern finden. Dies ist besonders vor dem Hintergrund eines erhöhten Auftretens Ventilator-assoziiertes Pneumonien durch längere Beatmungsdauern, welche Tanaka et al. (2001) [57] in ihrer Studie beschrieben, als sehr förderlich im Hinblick auf ein positives Behandlungsergebnis zu bewerten. Die Wahl konservativer Therapieverfahren resultierte im Vergleich zu den operativen Verfahren in mehreren Studien in deutlich erhöhten Pneumonieraten (Ahmed et al. [2] 50 % vs. 15 %, Tanaka et al. (2002) [58] 77 % vs. 24 %). Dies erklärt sich wiederum durch die deutlich verlängerte Beatmungsdauer der konservativ behandelten Patientengruppe im Vergleich zur Gruppe der operativ therapierten Patienten (Ahmed et al. [2] 15 Tage vs. 3,9 Tage, Tanaka et al. (2002) [58] 18,3 Tage vs. 10,8 Tage). Sehr deutlich wurde dieser Unterschied ebenfalls in der Studie von Granetzny et al. [22] beschrieben. Hier wurden die konservativ behandelten Patienten 12 Tage beatmet, die operativ versorgten Patienten nur 2 Tage. Somit stellt sich perspektivisch für uns die Frage, ob wir das Outcome unserer Patienten durch frühzeitige Operation und nachfolgender Verkürzung der Beatmungsdauer verbessern und auch die Liegezeiten auf der Intensivstation und im Krankenhaus weiter reduzieren können.

- **Die Mortalitätsrate:**

Mit 13,2 % zeigte sich in unserer Untersuchung eine vergleichsweise hohe Mortalitätsrate. In der Studie von Lin et al. [34] konnte, wiederum durch den frühzeitigen Einsatz der VATS, die Mortalität bei 2,2 % gehalten werden. Es wurden hierbei ausschließlich Patienten mit stumpfem Thoraxtrauma untersucht, von denen allerdings 90 % mindestens zwei Begleitverletzungen aufwiesen. Die Schwere der

Thoraxverletzung wurde in dieser Studie mit einem mittleren Punktwert auf der 'Abbreviated Injury Scale' (AIS) von 3,3 angegeben, was per definitionem einer „relevanten Verletzung“ entspricht. Je schwerer die Patienten verletzt waren, desto später wurde die VATS durchgeführt. In der Gruppe der späten VATS führte dies zu einer Mortalität von 5 %. Dieser Wert spricht tendenziell für einen frühzeitigen Einsatz der videoassistierten Thorakoskopie. Die Gruppe um Marasco et al. (2013) [35] hatte mit 4,3 % ebenfalls eine sehr geringe Mortalitätsrate, welche in der operativ behandelten Vergleichsgruppe sogar auf 0 % gesenkt werden konnte. In dieser Studie wurden ausschließlich Patienten mit Flail Chest betrachtet, wobei die operativ behandelte Patientengruppe mit einem ISS von 35 etwas schwerer verletzt war als der konservativ behandelte Anteil mit einem Wert von 30. Bei den thorakalen Verletzungen bestand zwischen den beiden Gruppen allerdings kein signifikanter Unterschied in der Verletzungsschwere.

Während Söderlund et al. [54] keinen Zusammenhang zwischen der Mortalitätsrate und der Anzahl der gebrochenen Rippen feststellen konnten, gelang es im Gegenzug Studiengruppen um Barnea et al. [7], Flagel et al. [20] sowie Holcomb et al. [23], einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der gebrochenen Rippen und der Morbidität bzw. der Mortalität zu finden. Sie konnten zeigen, dass die Mortalität ab 4 gebrochenen Rippen um den Faktor 2, ab 6 gebrochenen Rippen sogar um den Faktor 3 ansteigt. Außerdem hat nach Bergeron et al. [8] und Holcomb et al. [23] das Alter des Patienten, vor allem ein Alter von mehr als 65 Jahren, ab dem die Sterbewahrscheinlichkeit um das Fünffache ansteigt, einen Einfluss auf die Überlebenschance.

Der von uns in der vorliegenden Arbeit ermittelte Wert von 13,2 % Mortalitätsrate bestätigt die Aussagen der genannten Studien von Bergeron et al. [8] sowie von Tanaka et al. [57]. Das durchschnittliche Alter der verstorbenen Patienten aus den Jahren 2011 bis 2013 entsprach mit 64,9 Jahren annähernd dem Wert, ab dem laut Bergeron et al. [8] ein sprunghafter Anstieg der Mortalität zu beobachten ist. Wie Tanaka et al. (2001) [57] in ihrer Studie bereits nachwies, ist das Vorhandensein einer Flail Chest zwar eine der am meisten ernstzunehmenden Traumafolgen, die Mortalität ist aber auch abhängig vom Ausmaß der vorhandenen Begleitverletzungen. In unserem Patientengut ist mit einem durchschnittlichen Wert der Glasgow Coma Scale bei den Verstorbenen von 8,3 sowie einem Vorliegen eines Polytraumas in 56,2 % der Fälle mit Todesfolge von ernstzunehmenden Begleitverletzungen auszugehen.

Durch den Einsatz operativer Therapieverfahren gelang es wiederholt, bessere Behandlungsergebnisse im Hinblick auf die Gesamtaufenthaltsdauer, die Intensivdauer, die Beatmungsdauer sowie die Mortalitätsrate zu erzielen. In unserem konservativ behandelten Patientenkollektiv konnten allerdings bei der Intensivdauer und der Beatmungsdauer Werte ermittelt werden, die den Vergleichswerten der Literatur bezogen auf operativ behandelte Patienten in nichts nachstehen (Granetzny et al. [22]: ICULOS bei chirurgischer Therapie: 9,6 Tage, unser Wert: 7,4 Tage; Tanaka et al. (2002) [58]: ICULOS bei chirurgischer Therapie: 16,5 Tage, unser Wert: 7,4 Tage, DMV bei chirurgischer Therapie: 10,8 Tage, unser Wert: 4,9 Tage).

In den letzten 5 Jahren wird im Bereich der Thoraxtraumatologie wieder zunehmend über den klinischen Nutzen der operativen Stabilisierung von Rippen- und Brustwandverletzungen diskutiert [3, 33, 36, 53]. Einzelne Studien konnten hierbei einen Vorteil von Osteosyntheseverfahren gegenüber der konservativen Therapie zeigen [3, 33, 35, 38]. Am Universitätsklinikum Würzburg wird jedoch der Großteil der komplexen knöchernen Brustwandverletzungen mit guten Ergebnissen konservativ versorgt. Die in der hier vorliegenden Studie ermittelten Behandlungsdauern sind zum Teil deutlich kürzer als die in der Literatur kommunizierten Ergebnisse anderer Kliniken [16, 27, 34, 35]. Vor diesem Hintergrund ist es fraglich, inwiefern ein zusätzlicher klinischer Nutzen durch die osteosynthetische Versorgung von Rippen- und Brustwandverletzungen am Universitätsklinikum Würzburg dargestellt werden kann. Dies wird für künftige Untersuchungen eine Herausforderung darstellen.

5 Zusammenfassung

Das Thoraxtrauma stellt mit einem Anteil von knapp 60 % aller schwerverletzten Patienten ein häufiges Krankheitsbild dar. Neben dem relativ seltenen penetrierenden Thoraxtrauma liegt in den meisten Fällen ein stumpfes Thoraxtrauma vor. Das Verletzungsmuster reicht hierbei von knöchernen Brustwandverletzungen bis hin zu Verletzungen der thorakalen Organe. Nach umfassender Diagnostik ist es das Ziel der konservativen Therapie, durch adäquate Schmerzausschaltung eine schmerzbedingt flache Atmung zu vermeiden, in deren Folge sich Pneumonien entwickeln können. Zusätzlich kann durch die Wahl einer geeigneten Form der Respiratortherapie eine innere Schienung der Thoraxwand erzielt werden. Treten im Rahmen des Traumas Begleitverletzungen wie ein Pneumo-, Hämato oder ein Hämato-pneumothorax auf, ist in der Regel die Einlage einer Thoraxdrainage das Therapiemittel der Wahl.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war die Einschätzung des Stellenwertes der konservativen Therapie von ausgedehnten knöchernen Brustwandverletzungen am Universitätsklinikum Würzburg. Hierzu wurden die Daten von 243 Patienten, welche im Zeitraum von 2011 bis 2013 nach einem Thoraxtrauma mit resultierender Rippenserienfraktur konservativ therapiert wurden, in einer retrospektiven monozentrischen Kohortenanalyse erfasst und ausgewertet. In unserer Studie konnten wir eine durchschnittliche Gesamtaufenthaltsdauer im Krankenhaus von 15,4 Tagen ermitteln. Die durchschnittliche Liegedauer auf der Intensivstation betrug 7,4 Tage. Die maschinelle Beatmungsdauer betrug im Mittel 4,9 Tage. Die Mortalität lag in unserer Untersuchung bei 13,2 %. Durch die Wahl geeigneter konservativer Therapieverfahren und eines individuell auf den Patienten abgestimmten Behandlungsprotokolls sowie durch ein gezieltes interdisziplinäres Vorgehen ließen sich am Universitätsklinikum Würzburg kürzere Behandlungsdauern als an anderen Kliniken ermitteln. Zum Teil gelang es in der Literatur, die Behandlungsdauer durch die Wahl geeigneter operativer Therapieverfahren noch weiter zu verkürzen. Die Frage nach operativer oder konservativer Therapie von ausgedehnten knöchernen Brustwandverletzungen wird auch in Zukunft Bestandteil von Diskussionen sein. Ansatz für weitere Studien wäre, ob durch den frühzeitigen Einsatz der videoassistierten Thorakoskopie eine weitere Reduktion der Beatmungs-, Intensiv- sowie der Gesamtaufenthaltsdauer erzielbar ist. Ebenfalls könnte dies zur frühzeitigen Entwöhnung der Beatmung führen, wodurch sich Ventilator-assoziierte Pneumonien

ganz oder z.T. vermeiden lassen. Aufgrund der sich immer weiter entwickelnden chirurgischen technischen Möglichkeiten könnte auch die zunehmende Minimalinvasivität der operativen Versorgung ausgedehnter knöcherner Brustwandverletzungen ein interessanter Ansatzpunkt für weitere Studien sein.

6 Literaturverzeichnis

- 1 **Adegboye VO, Ladipo JK, Brimmo IA, Adebo AO (2002):** Blunt Chest Trauma. Afr J Med Med Sci; 31(4):315-320
- 2 **Ahmed Z, Mohyuddin Z (1995):** Management of flail chest injury: internal fixation versus endotracheal intubation and ventilation. J Thorac Cardiovasc Surg; 110(6):1676-80
- 3 **Althausen P, Shannon S, Watts C, Thomas K, Bain M, Coll D, O'Mara T, Bray T (2011):** Early Surgical Stabilization of Flail Chest With Locked Plate Fixation. J Orthop Trauma; 25:641-648
- 4 **Al-Hassani A, Abdulrahman H, Afifi I, Almadani A, Al-Den A, Al-Kuwari A, Recicar J, Nabir S, Maul KI (2010):** Rib fracture patterns predict thoracic chest wall and abdominal solid organ injury. Am Surg; 76(8):888-91
- 5 **Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB (1974):** The Injury Severity Score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. J Trauma; 14:187-196
- 6 **Bardenheuer M, Carlsson J, Tebbe U, Sturm J (1999):** Das stumpfe Thoraxtrauma. Notfall Rettungsmed; 2(2):117-131
- 7 **Barnea Y, Kashtan H, Skornick Y, Werbin N (2002):** Isolated rib fractures in elderly patients: mortality and morbidity. Can J Surg; 45(1):43-6
- 8 **Bergeron E, Lavoie A, Clas D, Moore L, Ratte S, Tetreault S, Lemaire J, Martin M (2003):** Elderly trauma patients with rib fractures are at greater risk of death and pneumonia. J Trauma; 54(3):478-85
- 9 **Bitschnau R, Gehmacher O, Kopf A, Scheier M, Mathis G (1997):** Ultraschalldiagnostik von Rippen- und Sternumfrakturen. Ultraschall Med; 18(4):158-161
- 10 **Bölükbas S, Ghezel-Ahmadi D, Kwozalla A.-K, Schirren J (2011):** Diagnostik und Behandlungskonzepte beim Thoraxtrauma. Chirurg; 82(9):843-850

- 11 **Bruch C, Baumgart D, Göрге G, Pink R, Schaar J, Schönfelder B, Markgraf G, Olivier L, Drochner D, Kabatnik M, Erbel R (1998):** Aortenruptur nach stumpfem Thoraxtrauma: Rasche Diagnose durch transösophageale Echokardiographie bei unklarem Röntgen- und CT-Befund. Dtsch Med Wochenschr; 123(9):244-249
- 12 **Brück E, Stiletto R, Bötel T, Gotzen L, Moosdorf R, Leppek R (1996):** Stumpfes Thoraxtrauma mit Aortenruptur und Lungenkontusion durch Hufschlag bei einem 15jährigen Mädchen: Diagnostisches und therapeutisches Management. Unfallchirurg; 99(11):901-904
- 13 **Bühren V, Keel M, Marzi I (2012):** Checkliste Traumatologie. Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, 7. Auflage, S. 118
- 14 **Bulger EM, Edwards T, Klotz P, Jurkovich GJ (2004):** Epidural analgesia improves outcome after multiple rib fractures. Surgery; 136(2):426-30
- 15 **Committee on Medical Aspects of Automotive Safety (1971):** Rating the severity of tissue damage. I. The Abbreviated Scale. JAMA; 215:277-80
- 16 **Doben A, Eriksson E, Denlinger C, Leon S, Couillard D, Fakhry S, Minshall C (2014):** Surgical rib fixation for flail chest deformity improves liberation from mechanical ventilation; J Crit Care; 29:139-143
- 17 **Duff J, Goldstein M, McLean A, Agrawal S, Munro D, Gutelius J (1968):** Flail chest: a clinical review and physiological study. J Trauma; 8(1):63-74
- 18 **Emminger E (1972):** Endokardkontusion beim Thoraxtrauma. Monatsschr. Unfallheilkunde; 75(11):512-22
- 19 **Exadaktylos A, Sclabas G, Schmid S, Schaller B, Zimmermann H (2001):** Do We Really Need Routine Computed Tomographic Scanning in the Primary Evaluation of Blunt Chest Trauma in Patients with „Normal“ Chest Radiograph? J Trauma; 51(6):1173-1176
- 20 **Flagel BT, Luchette FA, Reed RL, Esposito TJ, Davis KA, Santaniello JM, Gamelli RL (2005):** Half-a-dozen ribs: the breakpoint for mortality. Surgery; 138(4):717-23
- 21 **Gambazzi F, Schirren J (2003):** Thoraxdrainagen, Chirurg; 74(2):99-107

- 22 **Granetzny A, Abd El-Aal M, Emam E, Shalaby A, Boseila A (2005):** Surgical versus conservative treatment of flail chest. Evaluation of the pulmonary status. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*; 4(6):583-7
- 23 **Holcomb JB, McMullin NR, Kozar RA, Lygas MH, Moore FA (2003):** Morbidity from rib fractures increases after age 45. *J Am Coll Surg*; 196(4):549-55
- 24 http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/TR-DGU-Jahresbericht_2014.pdf
Traumaregister DGU ® Jahresbericht 2014 (Stand 13.01.2015), S.9
- 25 http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/tr-dgu%20standardbogen%20mit%20leitfaden%20v03_09.pdf
Traumaregister DGU ® Dokumentationsbogen (Stand 13.01.2015)
- 26 <http://webop.de/thoraxdrainage-offene-anlage-in-buelau-technik-97/>
(Stand 13.01.2015)
- 27 **Huber S, Biberthaler P, Delhey P, Trentzsch H, Winter H, Griensven M van, Lefering R, Huber-Wagner S (2014):** Predictors of poor outcomes after significant chest trauma in multiply injured patients: a retrospective analysis from the German Trauma Registry (Trauma Register DGU®). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*; 22:52
- 28 **Kern E, Zimmermann W, Scharf F (1966):** Erfolgreich operierte Herzruptur nach stumpfem Thoraxtrauma. *Langenbecks Arch Klin Chir*; 316(1):867-870
- 29 **Klopp M, Hoffmann H, Dienemann H (2009):** Die Thoraxdrainage. *Dtsch Med Wochenschr*; 134(11):536-539
- 30 **Kozuschek W, Waleczek H (1994):** Verletzung des Ösophagus nach stumpfem Thoraxtrauma. In: Deutsche Gesellschaft für Chirurgie – Die Ambivalenz des Fortschritts – ist weniger mehr? 111. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, 5.-9. April 1994, München; pp 748-752
- 31 **Larsen R (1999):** Anästhesie und Intensivmedizin für Schwestern und Pfleger, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 5. Auflage, S. 301-316
- 32 **Leigh-Smith S, Harris T (2005):** Tension pneumothorax – time for a re-think? *Emerg Med J*; 22(1):8-16

- 33 **Leinicke J, Elmore L, Freeman B, Colditz G (2013):** Operative Management of Rib Fractures in the Setting of Flail Chest: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Surg*; 258(6):914-21
- 34 **Lin H-L, Huang W-Y, Yang C, Chou S-M, Chiang H-I, Kuo L-C, Lin T-Y, Chou Y-P (2014):** How early should VATS be performed for retained haemothorax in blunt chest trauma? *Injury*; 45(9):1359-1364
- 35 **Marasco S, Davies A, Cooper J, Varma D, Bennett V, Nevill R, Lee G, Bailey M, Fitzgerald M (2013):** Prospective Randomized Controlled Trial of Operative Rib Fixation in Traumatic Flail Chest. *J Am Coll Surg*; 216:924-932
- 36 **Marasco S, Liew S, Edwards E, Varma D, Summerhayes R (2014):** Analysis of bone healing in flail chest injury: do we need to fix both fractures per rib? *J Trauma Acute Care Surg*; 77(3):452-8
- 37 **Marasco S, Lee G, Summerhayes R, Fitzgerald M, Bailey M (2015):** Quality of life after major trauma with multiple rib fractures. *Injury*; 46(1):61-5
- 38 **Marasco S, Saxena P (2015):** Surgical rib fixation – Technical aspects. *Injury*; 2015 Jan 10, doi: 10.1016/j.injury.2014.12.021
- 39 **Marion DW, Carlier PM (1994):** Problems with initial Glasgow Coma Scale assessment caused by prehospital treatment of patients with head injuries: results of a national survey. *J Trauma*; 36(1):89-95
- 40 **Matthes G, Ekkernkamp A (2010):** Thoraxtrauma. In: Hachenberg T, Welte T, Fischer S (Hrsg.): *Anästhesie und Intensivtherapie in der Thoraxchirurgie*. Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, 1. Auflage, 125-130
- 41 **Moore L, Lavoie A, Camden S, Le Sage N, Sampalis JS, Bergeron E, Abdous B (2006):** Statistical validation of the Glasgow Coma Score. *J Trauma*; 60(6):1238-44
- 42 **Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1991):** *Manual of Internal Fixation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3rd Edition, S. 2
- 43 **Neef H, Fischbeck O, Hofmann HS, Pannwitz HG (1994):** Tracheobronchiale Verletzungen beim stumpfen Thoraxtrauma. In: Deutsche Gesellschaft für Chirurgie – Die Ambivalenz des Fortschritts – ist weniger mehr? 111. Kongreß

der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, 5.-9. April 1994, München; pp 1247-1248

- 44 **Passlick B, Stremmel C, Kroegel C (2014):** Lungen- und Thoraxverletzungen. In: Kroegel C, Costabel U (Hrsg.): Klinische Pneumologie – Das Referenzwerk für Klinik und Praxis, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, 1. Auflage, 621-643
- 45 **Pschyrembel W, Dornblüth O (2007):** Pschyrembel ® Klinisches Wörterbuch, Walter de Gruyter Berlin New York, 261. Auflage, S.742
- 46 **Pschyrembel W, Dornblüth O (2007):** Pschyrembel ® Klinisches Wörterbuch, Walter de Gruyter Berlin New York, 261. Auflage, S.1135
- 47 **Raghavendran K, Davidson BA, Helinski JD, Marschke CJ, Manderscheid P, Woytash JA, Notter RH, Knight PR (2005):** A rat model for isolated bilateral lung contusion from blunt chest trauma. *Anesth Analg*; 101(5):1482-1489
- 48 **Richter T, Ragaller M (2011):** Ventilation in chest trauma. *J Emerg Trauma Shock*; 4(2):251-259
- 49 **Roithinger FX, Punzengruber C, Pachinger O (1996):** Ventrikelseptumruptur nach stumpfem Thoraxtrauma. *Dtsch Med Wochenschr*; 121(46):1424-1427
- 50 **Schumacher H, Fritz T, Richter GM, Allenberg JR (1997):** Mediastinalverbreiterung nach stumpfem Thoraxtrauma: eine unerwartete Differentialdiagnose. *Chirurg*; 68(10):1037-1040
- 51 **Shorr RM, Crittenden M, Indeck M, Hartunian SL, Rodriguez A (1987):** Blunt thoracic trauma. Analysis of 515 patients. *Ann Surg*; 206(2):200-205
- 52 **Simon BJ, Cushman J, Barraco R, Lane V; Luchette FA, Miglietta M, Roccaforte DJ, Spector R (2005):** Pain Management Guidelines for Blunt Thoracic Trauma. *J Trauma*; 59(5):1256-1267
- 53 **Slobogean GP, MacPherson CA, Sun T, Pelletier M-E, Hameed SM (2013):** Surgical Fixation vs Nonoperative Management of Flail Chest: A Meta-Analysis. *J Am Coll Surg*; 216:302-311
- 54 **Söderlund T, Ikonen A, Pyhältö T, Handolin L (2014):** Factors Associated With In-Hospital Outcomes in 594 Consecutive Patients Suffering From Severe Blunt Chest Trauma. *Scand J Surg*; 2014 Jul 22. pii: 1457496914543976

- 55 **Steinau G, Bosman D, Dreuw B, Schumpelick V (1997):**
Zwerchfellverletzungen – Klassifikation, Diagnostik und Therapie. Chirurg;
68(5):509-512
- 56 **Sternbach GL (2000):** The Glasgow Coma Scale. J Emerg Med; 19(1):67-71
- 57 **Tanaka H, Tajimi K, Endoh Y, Kobayashi K (2001):** Pneumatic stabilization for
flail chest injury: an 11-year study. Surg Today; 31(1):12-7
- 58 **Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y, Shimizu S, Goto H, Matsuda H,
Shimazaki S (2002):** Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A
prospective randomized study of management of severe flail chest patients. J
Trauma; 52(4):727-32
- 59 **Teasdale G, Jennett B (1974):** Assessment of coma and impaired
consciousness. A practical scale. Lancet; 2(7872):81-4
- 60 **Torba M, Baumbach SF, Gjata A, Buci S, Faber E, Subashi K (2012):**
Verletzungen der Speiseröhre nach stumpfem Thoraxtrauma. Unfallchirurg;
115(12):1123-1125
- 61 **Trupka A, Kierse R, Waydhas C, Nast-Kolb D, Blahs U, Schweiberer L,
Pfeifer KJ (1997):** Schockraumdiagnostik beim Polytrauma – Wertigkeit der
Thorax CT. Unfallchirurg; 100(6):469-476
- 62 **Vogelsberger W, Börner U, Müller H, Eglins P, Tabbert M, Hempelmann G
(1982):** Hämodynamik und Lungenfunktion von Thoraxverletzten bei
kontrollierter Beatmung und Spontanatmung unter thorakaler Epiduralanalgesie
mit Lokalanästhetika und Morphin. In: Brückner JB (Hrsg.): Schmerzbehandlung
Epidurale Opiatanalgesie. Ergebnisse des Zentraleuropäischen
Anaesthesiekongresses Berlin 1981, Band 3, pp 108-112
- 63 **Van Waes OJF, Van Riet PA, Van Lieshout EMM, Hartog DD (2012):**
Immediate thoracotomy for penetrating injuries: ten years´ experience at a Dutch
level I trauma center. Eur J Trauma Emerg Surg; 38(5):543-551
- 64 **Walles T (2009):** eComment: Under representation of Germany´s specialized
thoracic surgery units in maximum service hospitals impacts treatment. Interact
Cardiovasc Thorac Surg; 8:571-576

- 65 **Waydhas C, Nast-Kolb D (2006):** Thoraxtrauma. Unfallchirurg; 109(10):881-894
- 66 **Willital G, Holzgreve A, Samii A (2006):** Definitive Chirurgische Erstversorgung, Walter de Gruyter Berlin New York, 6. Auflage, S.121
- 67 **Wüstner A, Gehmacher O, Hämmerle S, Schenkenbach C, Häfele H, Mathis G (2005):** Ultraschalldiagnostik beim stumpfen Thoraxtrauma. Ultraschall Med; 26(4):285-290
- 68 **Wulf H, Einfeldt RJ, Hückstädt A (1997):** Diagnostik und Therapie der Trachealruptur nach stumpfem Thoraxtrauma. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther; 32(4):258-262
- 69 **Wurzinger LJ (2007):** Brustwand und Brustkorb (Thorax). In: Bob A, Bob K. (Hrsg): Duale Reihe Anatomie, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, S.264-284
- 70 **Zehnder M (1960):** Unfallmechanismus und Unfallmechanik der Aortenruptur im geschlossenen Thoraxtrauma. Thorac Cardiovasc Surg; 8(1):47-65

7 Anhang

7.1 Die Abbreviated Injury Scale

Die `Abbreviated Injury Scale` (AIS) wurde erstmals im Jahre 1971 vorgestellt [15] und seitdem mehrfach überarbeitet (aktuelle Version: AIS 2005, Update 2008). Es handelt sich dabei um eine Skala, welche zur Codierung von Verletzungen nach anatomischen Gesichtspunkten herangezogen wird. Der AIS stellt einen 7-stelligen Code dar, bei dem die jeweils letzte Stelle den Schweregrad im Hinblick auf ein mögliches Sterberisiko ausdrückt:

- 1 = leichte Verletzung
- 2 = mäßige Verletzung
- 3 = relevante Verletzung
- 4 = schwere Verletzung
- 5 = kritische Verletzung
- 6 = maximale, nicht überlebbare Verletzung

Die jeweils erste Stelle des Codes drückt die Körperregion aus, in dem die betrachtete Verletzung lokalisiert ist:

- 1 = Kopf (ohne Gesicht und Gesichtsschädel)
- 2 = Gesichtsschädel, Gesicht, Augen, Ohren
- 3 = Hals (ohne Rückenmark)
- 4 = Thorax (=Brustkorb)
- 5 = Abdomen (=Bauchraum)
- 6 = Wirbelsäule, Rückenmark
- 7 = Arme, Schulter
- 8 = Becken, Hüfte, Beine
- 9 = Äußere und andere Verletzungen

Die Festlegung der AIS-Scores ist erst nach Abschluss der Diagnostik bzw. der operativen Versorgung möglich. Der AIS dient als Grundlage zur Bestimmung des Injury Severity Scores ISS (siehe 7.2).

7.2 Der Injury Severity Score

Der 'Injury Severity Score' (ISS) aus dem Jahre 1974 [5] ist ein international gebräuchlicher Punktwert, der zur Einschätzung der Verletzungsschwere von polytraumatisierten Patienten dient. Er basiert auf der Abbreviated Injury Scale (siehe 7.1) und kann Werte von 1 (kleinster möglicher Wert) bis 75 (größter möglicher Wert) betragen. Zur Berechnung wird für jede Verletzung aus den Bereichen:

- 1 = Kopf/Hals
- 2 = Gesicht
- 3 = Thorax (incl. Brustwirbelsäule)
- 4 = Abdomen (incl. Lendenwirbelsäule)
- 5 = Extremitäten (incl. Becken)
- 6 = Weichteile

die jeweils schwerste Verletzung betrachtet. Anschließend wählt man die 3 Regionen mit den schwersten Verletzungen aus und errechnet aus den jeweiligen Schweregraden des AIS den Gesamtwert des ISS:

$$\text{ISS} = \text{AIS}_1^2 + \text{AIS}_2^2 + \text{AIS}_3^2$$

Bei Vorliegen von mindestens einer Verletzung vom Schweregrad AIS = 6 wird der ISS automatisch auf den Maximalwert 75 gesetzt. Da die Berechnung des ISS von der Einstufung der Verletzungen nach AIS-Klassifizierung abhängig ist, ist die Bestimmung des ISS ebenfalls erst nach Abschluss der Diagnostik bzw. der operativen Versorgung möglich.

8 Danksagung

Danken möchte ich...

...meinem Doktorvater Herrn **Prof. Dr. med. Thorsten Walles** für die Überlassung des Themas, seine Anregungen und ständigen Bemühungen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

...Frau **Dr. med. Ina Schade** für die ausgiebige, freundliche, zeitintensive und zeitnahe Betreuung und ihre konstruktive Kritik sowie für ihren wertvollen Rat bei der Erstellung dieser Arbeit.

...Frau **Daniela Keller** für die fachliche Beratung bei der Erarbeitung geeigneter Problemlösungen von statistischen Fragestellungen.

...meinen Freunden **Michael Krapp** und **Dr. med. Jörg Kaiser** für die Durchsicht der Arbeit.

...meiner **Familie**. Ohne die großartige Unterstützung, die ich in den letzten Jahren erfahren durfte, wäre diese Arbeit nie zustande gekommen.

9 Lebenslauf

Aus Datenschutzgründen wird in der elektronischen Version der Lebenslauf nicht veröffentlicht.

Publikationen:

Stellenwert der konservativen Therapie komplexer knöcherner Brustwandverletzungen: Eine Erhebung in einem überregionalen deutschen Traumazentrum. Bechmann C, Walles T, Eden L, Meffert R, Schade I; Zentralblatt für Chirurgie 2015; in press

Vorträge:

Stellenwert der konservativen Therapie komplexer knöcherner Brustwandverletzungen: Eine Erhebung in einem überregionalen deutschen Traumazentrum.

24. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Thoraxchirurgie, 24. – 26. September 2015, Berlin (Deutschland)

Würzburg, Juli 2015

Cornelius Bechmann