

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und der Klinik für
Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie des Bundeswehrzentralkrankenhaus
Koblenz akademisches Lehrkrankenhaus der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Das Thoraxtrauma der Älteren – eine multivariate Analyse
prognostisch relevanter Faktoren

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Svenja Leppin
aus Gronau (Westfalen)

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

03. August 2023

In großer Dankbarkeit für diese Möglichkeit

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
1 Einleitung	1
2 Literaturdiskussion	2
2.1 Das (Thorax-)Trauma	2
2.1.1 Epidemiologie	2
2.1.2 Anatomische und pathophysiologische Aspekte des Thoraxtraumas	3
2.1.3 Studienlage der Trauma-assoziierten Verletzungen	5
2.2 Diagnostische und therapeutische Verfahren beim Thoraxtrauma	6
2.2.1 Diagnostik	6
2.2.2 Konservative Therapie	7
2.2.3 Interventionelle/ Operative Therapie	8
2.3 Multimorbidität und Polypharmazie	9
3 Forschungsfragen und primärer Endpunkt	12
4 Patienten, Material und Methoden	13
4.1 Patientenkollektiv	13
4.1.1 Ausschlusskriterien	13
4.2 Darstellung der erhobenen Parameter	14
4.3 Darstellung der erhobenen Scores/ Klassifikation/ Indizes	17
4.3.1 Abbreviated Injury Scale	17
4.3.2 Injury Severity Score (ISS) und New Injury Severity Score (NISS)	18
4.3.3 Charlson Comorbidity Index	19
4.3.4 ASA-PS-Classification	20
4.4 Studiendesign	21
4.5 Statistik	21
5 Ergebnisse	23
5.1 Patientenspezifische Faktoren	23
5.1.1 Alter, Geschlecht, BMI	23
5.1.2 Unfallmechanismus	25
5.1.3 Vorerkrankungen	27
5.1.4 Dauermedikation	33
5.1.5 Charlson Comorbidity Index	35
5.1.6 ASA-PS-Classification	35
5.2 Trauma-assoziierte Verletzungen und Scores	36
5.2.1 ISS und AIS	36
5.2.2 Rippenfrakturen	38
5.2.3 Pneumothorax, Hämatothorax und Lungenkontusion	39
5.3 Diagnostik und Therapie	40
5.3.1 Polytrauma-Computertomographie	40

5.3.2	Operationen und Interventionen	40
5.3.3	Antibiotische Therapie	41
5.3.4	Nicht-invasive Beatmung	42
5.3.5	Liegedauer	44
5.4	Komplikationen	45
5.4.1	Verstorben	45
5.4.2	Pneumonie im Verlauf	46
5.4.3	Acute Respiratory Distress Syndrome	47
5.5	Ergebnisse der binären logistischen Regressionsanalyse.....	47
6	Diskussion.....	49
6.1	Mortalität.....	49
6.2	Patientenspezifische Faktoren.....	51
6.3	Trauma-assoziierte Verletzungen	55
6.4	Stationärer Aufenthalt und Therapie	57
6.5	Komplikationen	59
6.6	Fazit und Ausblick.....	60
7	Zusammenfassung.....	63
8	Literaturverzeichnis	65
9	Danksagung.....	72
10	Tabellarischer Lebenslauf	73

Abkürzungsverzeichnis

AIDS	Acquired Immunodeficiency Syndrome
AIS	Abbreviated Injury Scale
AOK	Allgemeine Ortskrankenkasse
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
ASA-PS-Classification	American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification
ASS	Acetylsalicylsäure
ATLS	Advanced Trauma Life Support
BGA	Blutgasanalyse
BMI	Body-Mass-Index
bzw.	beziehungsweise, beziehungsweise
CPAP	Continuous positive airway pressure
CT	Computertomographie
DGU®	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DOAK	Direkte orale Antikoagulantien
eFAST	extended Focussed Assessment with Sonography for Trauma
EKG	Elektrokardiographie
FORTA	Fit FOR The Aged
gem.	gemäß
ggf.	gegebenenfalls
h.	Stunde
i.d.R.	in der Regel
i.v.	intravenös
ICR	Intercostalraum
inkl.	inklusive
INR	International Normalized Ratio
ISS	Injury Severity Score
ITS	Intensivstation
M.	Mittelwert
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
NISS	New Injury Severity Score
NIV	Nicht-invasive Beatmung
NSAR	Nichtsteroidale Antirheumatika
o.ä.	oder ähnlichem
p.	Signifikanzniveau
PPI	Protonenpumpeninhibitoren
PTT	Partielle Thromboplastinzeit
SD	Standardabweichung
sog.	sogenannte
u.a.	unter anderem
u.s.w.	und so weiter
v.a.	vor allem
VATS	Video Assisted Thoracoscopic Surgery
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Flussdiagramm Patientenkollektiv.....	14
Abbildung 2 - Boxplot Alter bei Aufnahme	23
Abbildung 3 - Balkendiagramm Aufteilung nach Geschlecht.....	24
Abbildung 4 - Boxplot BMI des Gesamtkollektivs.....	25
Abbildung 5 - Kreisdiagramm Unfallmechanismus.....	26
Abbildung 6 - Pulmonale Vorerkrankungen	27
Abbildung 7 - Arterielle Hypertonie im Vergleich.....	28
Abbildung 8 - Niereninsuffizienz im Vergleich.....	29
Abbildung 9 - Diabetes Mellitus im Vergleich.....	29
Abbildung 10 - Osteoporose im Vergleich.....	30
Abbildung 11 - Apoplex im Vergleich	31
Abbildung 12 - Koronare Herzerkrankung im Vergleich	31
Abbildung 13 - Herzinsuffizienz im Vergleich.....	32
Abbildung 14 - Vorhofflimmern im Vergleich.....	33
Abbildung 15 - Boxplot Anzahl eingenommener pharmazeutischer Wirkstoffe	34
Abbildung 16 - Boxplot Charlson Comorbidity Index.....	35
Abbildung 17 - ASA-PS-Classification im Vergleich.....	36
Abbildung 18 - Boxplot ISS.....	37
Abbildung 19 - AIS Thorax im Vergleich	38
Abbildung 20 - Nicht-invasive Beatmung im Vergleich.....	42
Abbildung 21 - Boxplot invasive Beatmungsdauer.....	43
Abbildung 22 - Invasive Beatmung im Vergleich.....	44
Abbildung 23 - Boxplot Aufenthalt in Tagen gesamt und auf der Intensivstation.....	45
Abbildung 24 - Verstorben im Vergleich	46
Abbildung 25 - Pneumonie im Verlauf im Vergleich	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Das tödliche Dutzend (35)	6
Tabelle 2 - Darstellung der erhobenen Parameter	17
Tabelle 3 - AIS Körperregion	18
Tabelle 4 - AIS Bedeutung	18
Tabelle 5 - ISS Körperregionen	19
Tabelle 6 - Charlson Comorbidity Index (94)	20
Tabelle 7 - Punktwertetabelle in Anhängigkeit der Altersdekade (95)	20
Tabelle 8 - Einteilung ASA-PS-Classification (97).....	21
Tabelle 9 - Unfallmechanismus	26
Tabelle 10 - Tabelle der Medikation.....	34
Tabelle 11 - AIS-Thorax im Gesamtkollektiv.....	37
Tabelle 12 - Tabelle Rippenfrakturen.....	39
Tabelle 13 - Polytrauma-CT im Vergleich	40
Tabelle 14 - Operationen und Interventionen im Vergleich	41
Tabelle 15 - Multivariate Analyse "Verstorben"	47
Tabelle 16 - Multivariate Analyse "Pneumonie im Verlauf"	48
Tabelle 17 - Multivariate Analyse "Thoraxdrainage"	48
Tabelle 18 - Tabellarischer Vergleich der Studien	51

1 Einleitung

«Man muss das Vergangene sammeln, das Gegenwärtige erkennen, das Zukünftige vorhersagen» (Epid.I 11, II 634 L., zitiert aus (1))

In der Medizin ist der wissenschaftliche Fortschritt ein elementarer Bestandteil der guten Praxis. Durch diesen verbessert sich fortlaufend der medizinische Standard der Patientenversorgung. Prädiktive Faktoren zur Behandlung bestimmter Krankheitsbilder oder Verletzungsmuster können durch gute wissenschaftliche Praxis zu qualitativ hochwertigen therapeutischen Maßnahmen, der Verhinderung von Komplikationen oder dem Einschätzen des Outcomes einer Patientin oder eines Patienten u.a. beitragen.

Insbesondere im Bereich der Versorgung von Schwerverletzten, bei welchen das Thoraxtrauma eine häufige Entität ist (2), sind prognostische Scores und Faktoren ein wichtiges Tool, um z.B. die Schwere des Traumas mithilfe des "Injury Severity Score" (ISS) zu klassifizieren. Diese Einschätzung kann ebenso dazu dienen möglichen Komplikationen (Sepsis, Acute Respiratory Distress Syndrome, Pneumonie, verlängerte Beatmungsdauer u.a.) präventiv-therapeutisch entgegenzuwirken. Es gibt Hinweise, dass das Thoraxtrauma eine unter Umständen in der präklinischen Versorgung häufig über- oder unterschätzte Verletzung darstellt, aus welcher therapeutische Konsequenzen gezogen werden (3, 4). Bei älteren Patientinnen und Patienten ist es aufgrund von beeinflussender Hausmedikation (z.B. Beta-Blocker) denkbar, dass trotz eines adäquaten Traumas die physiologisch zu erwartende Tachykardie oder andere Regulationsmechanismen bzw. Symptome ausbleiben.

Daher müssen gerade in einer Zeit des demographischen Wandels, insbesondere bei älteren Patientinnen und Patienten, zusätzliche Gegebenheiten wie z.B. veränderte physiologische Mechanismen, Vorerkrankungen und Dauermedikation mit bedacht werden. Dies sind Besonderheiten, die ggf. die Prognose, aber auch die Behandlung beeinflussen können. Nicht nur die präklinische Versorgung, sondern auch die klinische Behandlung gestaltet sich somit noch komplexer und anspruchsvoller.

Thematisch bildet sich das Thoraxtrauma im Alter in der Literatur eher cursorisch ab. Der demographische Wandel, geprägt von einer steigenden Anzahl älter werdender Menschen, bedingt die Notwendigkeit der vorliegenden Arbeit. Diese beschäftigt sich retrospektiv mit verschiedenen Aspekten des Thoraxtraumas bei älteren Patientinnen und Patienten und soll dazu beitragen Outcome-relevante Faktoren zu verdeutlichen.

2 Literaturdiskussion

Die nachfolgende Literaturdiskussion soll einen Überblick über den theoretischen Rahmen dieser Arbeit geben. Neben den epidemiologischen und pathophysiologischen Grundlagen des Thoraxtraumas, werden ebenso die Aspekte der Multimorbidität und Polypharmazie, als bedeutsame Faktoren im Alter adressiert.

2.1 Das (Thorax-)Trauma

Der Begriff Trauma stammt aus dem griechischen „traūma“ und bedeutet so viel wie „Wunde“ (5). Wunden bzw. Traumata entstehen durch auf die Patientin oder den Patienten von außen einwirkenden Ereignissen bzw. Einflüsse. Sie sind vielfältig und können sich sowohl auf die psychische, als auch physische Gesundheit beziehen. Das Thoraxtrauma beschreibt jedwede stumpfe oder penetrierende Verletzung, die sich auf den Thorax bezieht.

Das Polytrauma beschrieb in der Vergangenheit Mehrfachverletzungen, wobei eine Verletzung für sich oder die Gesamtheit der Verletzungen lebensbedrohlich war (6). Doch diese Definition schien beizeiten veraltet, da sie vor allem die anatomischen Verletzungen inkludierte, jedoch den physiologischen Reaktionen keiner wesentlichen Bedeutung beimaß. Ebenso wurde diese Begrifflichkeit sehr heterogen ausgelegt (6, 7), sodass eine Überarbeitung notwendig erschien. Im Jahr 2014 wurde die im internationalen Konsens erarbeitete Neudefinition des Polytraumas veröffentlicht (8). Diese beinhaltet zwei oder mehrere schwere Verletzungen in unterschiedlichen anatomischen Körperregionen, welche nach der Abbreviated Injury Scale (AIS) mit mindestens drei Punkten klassifiziert werden (8). Zusätzlich wird mindestens einer der fünf folgenden physiologischen Parameter erfüllt (8):

- Alter > 70 Jahre
- Hypotension (systolischer Blutdruck < 90 mmHg)
- Bewusstlosigkeit (Glasgow Coma Scale am Unfallort \leq 8)
- Azidose (BaseExcess \leq -6)
- Koagulopathie (PTT \geq 40; INR \geq 1,4)

In der Literatur geläufig findet sich auch weiterhin die Definition des Polytraumas mit einem ISS \geq 16 (9). Hintergrund ist wohl u.a. die Studie von Cope, in welcher sich eine Mortalitätsrate von ca.10% ab einem ISS von \geq 16 als prädiktiver Wert ableiten ließ (10).

2.1.1 Epidemiologie

Im Jahr 2020 lag der Anteil der Verletzten über 70 Jahren gem. Traumaregister DGU® Jahresbericht bei 29% (2). Die Letalität von Personen, welche im Jahr 2018-2020 ein Polytrauma erlitten, betrug insgesamt 9% (2). Werden hiervon die über 70-jährigen

Patientinnen und Patienten im Hinblick auf die Letalität in der Subgruppe fokussiert, so erhöhte sich diese auf mehr als das Doppelte auf 18,2% (2).

Das Thoraxtrauma ist eine bei polytraumatisierten Patientinnen und Patienten häufig auftretende Verletzung (4), welche einen erheblichen Einfluss auf die Morbidität, Mortalität und das Outcome von Patientinnen und Patienten hat (11). Es wird zwischen stumpf und penetrierend unterschieden, wobei die penetrierenden Verletzungen in Europa den weitaus geringeren Anteil ausmachen (12). Zu den stumpfen Verletzungen zählen zum Beispiel Anpralltraumata und zu den penetrierenden Verletzungen u.a. Stich- und Schussverletzungen (12). Das Thoraxtrauma im Alter gewinnt im Hinblick auf den demographischen Wandel zunehmend an Bedeutung. In den Jahren 2018 - 2020 lag der Anteil der über 70-Jährigen von den Verletzten, welche ein Thoraxtrauma erlitten, bei 35,9% (2). Aus dem Basiskollektiv von 2018-2020 erwiesen sich Thoraxverletzungen im Allgemeinen in 46,3% der Fälle als relevant (AIS Thorax ≥ 3) (2).

Bei einer immer älter werdenden Population ist es unabdingbar die Vorerkrankungen bei relevantem Thoraxtrauma zu berücksichtigen. In einer multizentrischen Studie zeigte sich, dass 19,9% der Patientinnen und Patienten ≥ 50 Jahre, die ein Thoraxtrauma erlitten, an einer koronaren Herzerkrankung, weitere 13,5% an einer Lungenerkrankung und 7,1% an Herzinsuffizienz vorerkrankt waren (13).

2.1.2 Anatomische und pathophysiologische Aspekte des Thoraxtraumas

Der Thorax (Brustkorb) inkludiert knöchern zwölf Rippen beidseits. Die ersten zehn Rippen sind ventral mit dem Sternum (Brustbein), entweder direkt (Rippe 1-7) oder indirekt (Rippe 8-10) und dorsal mit der Wirbelsäule verbunden (14). Die letzten beiden Rippen weisen jeweils nur dorsal eine Verbindung zur Wirbelsäule auf (14). An der Innenseite des Thorax anliegend befindet sich die parietale Pleura (Rippenfell) (14). Der knöcherne Thorax dient den intrathorakalen und teilweise intraabdominellen Organen und Strukturen, wie z.B. den Nerven und Gefäßen, als Schutz vor äußerlichen Einwirkungen (14). Am Unterrand der Rippen verlaufen die die Intercostalmuskulatur versorgenden Gefäße und Nerven (14). Unter dem linken Rippenbogen verbirgt sich die Milz (14). Unter dem rechten Rippenbogen liegt teilweise die Leber samt Gallenblase (14). Hinter dem Sternum nach links konzentriert im Mediastinum befindet sich das Herz (14). Dieses wird von den beiden Lungenflügeln teilweise umfasst, welche in der linken und rechten Thoraxhälfte liegen und ihrerseits von der viszeralen Pleura (Lungenfell) umgeben werden (14). Weiterhin im Mediastinum befindlich sind Trachea (Lufttröhre), Ösophagus (Speiseröhre) und die Bronchien (14-16).

Stabilisiert wird der Thorax durch die entsprechende Muskulatur, die ebenso bei der Atemmechanik unterstützt. Muskeln, welche die Rippen heben und somit den Thorax vergrößern, wirken bei der Inspiration mit (17). Dadurch entsteht an der Lunge eine sog. Unterdruckatmung, für welche die intakte Adhäsion von Pleura visceralis und parietalis erforderlich ist (18). Eine Entspannung der Atemmuskulatur führt zur Expiration, bei welcher zusätzlich (z.B. bei forcierter Ausatmung) Muskeln adressiert werden können, die die Rippen senken (17). Für die Bauchatmung ist das Diaphragma (Zwerchfell) im Wesentlichen verantwortlich (17). Durch die Inspiration gelangt O₂-haltige Luft über die Trachea in das Bronchialbaumsystem, an dessen Ende die Alveolen für den eigentlichen Gasaustausch verantwortlich sind (17). Bei der Inspiration entsteht eine Strömungsgeschwindigkeit, welche beim Einatmen von Fremdkörpern den Transport beeinflusst. Dies ist bei Atemwegobstruktionen bei einem Trauma relevant (17). Hier kann der Atemweg durch die Zunge, Prothesen, Zähne o.ä. verlegt sein und so zu einer Hypoventilation führen (19). Dadurch bedingt wird die Sauerstoffversorgung vermindert oder gestoppt, sodass es in der Folge zu einem Abfall der Sauerstoffsättigung im Blut und letztlich zu einem Herz-Kreislauf-Versagen kommen kann (19).

Der traumatische Pneumothorax kann entweder geschlossen oder offen sein (20). Bei dem geschlossenen Pneumothorax liegt ein Defekt der Pleura visceralis vor, durch welchen bei der Inspiration Luft eindringt (20). Die davon betroffene Lunge kollabiert teilweise und generiert dadurch Atelektasen, also Bereiche, die am Luftaustausch nicht mehr teilnehmen (20). Bei penetrierenden Verletzungen kann ein offener Pneumothorax entstehen. Bei diesem besteht eine Verbindung von außen in die Pleurahöhle (20). Die Adhäsion von Pleura parietalis und visceralis ist nicht mehr gegeben und die Lunge kollabiert (20). Eine Teilnahme am Gasaustausch ist für die betroffene Seite i.d.R. nicht mehr möglich. Es besteht ggf. lediglich ein Pendelvolumen, welches durch die intakte Seite unterhalten wird (20). Weiterhin kann es zu einem Mediastinalflattern kommen, welches meist mit einer hämodynamischen Instabilität der Patientin bzw. des Patienten einhergeht (20). Beim Spannungspneumothorax gelangt durch einen Pleuradefekt Luft in den Pleuraspalt während der Inspiration, welcher bei der Expiration verschlossen wird, sodass die inspirierte Luft nicht mehr entweichen kann (20). Durch Wiederholung steigt der Druck im Pleuraspalt und erzeugt, bedingt durch den Ventilmechanismus, eine Mediastinalverschiebung mit erheblicher Drucksteigerung der im Mediastinum befindlichen Organe und Gefäßstrukturen (20). Der venöse Rückstrom zum Herzen wird u.a. behindert. Es kommt zu einer instabilen Kreislauftsituation, welche akut lebensbedrohlich ist (20).

Bei penetrierenden oder stumpfen Verletzungen kann die Lunge durch die Krafteinwirkungen verletzt oder gequetscht werden (Lungenkontusion). Es entstehen auch kleinere Einrisse und Einblutungen, sowie Ödemreaktionen mit Bildung von Atelektasen, die den Gasaustausch in

den Alveolen reduzieren oder gänzlich behindern (14, 20). Folglich kommt es zur insuffizienten Atmung.

Die unkomplizierte Fraktur einzelner Rippen hat im Wesentlichen keinen großen Einfluss auf die Atemmechanik bei konsequenter Analgesie (14). Neben der Verletzungsgefahr von Knochenfragmenten an intrathorakalen Organen können Rippenserienfrakturen mit Mehrfragmenten einer Rippe zu einem instabilen Thorax mit Ausfall der Atemmechanik und zu paradoxer Atmung führen (14). Aufgrund des Unterdrucks bei der Inspiration werden von der Atemmechanik losgelöste Fragmente, dem Unterdruck folgend, nach innen gezogen. Während der Expiration erfolgt dies im umgekehrten Prinzip. Es kommt zu einer schweren Ateminsuffizienz mit gestörtem Gasaustausch (14).

Bei einer Herzbeutelamponade gelangt durch einen Defekt des Myokards Blut zwischen Myokard und unelastischen Perikard. Mit jedem Herzschlag füllt sich der Zwischenraum weiter mit Blut. Der dadurch entstehende Druck wirkt auf das Herz, der venöse Rückstrom ist behindert und es stellt sich schnell ein Kreislaufstillstand ein (14).

2.1.3 Studienlage der Trauma-assoziierten Verletzungen

Häufige Verletzungen bei einem Thoraxtrauma sind insbesondere Rippenfrakturen. In verschiedenen Studien zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang von Rippenverletzungen im höheren Alter und korrelierender Zunahme der Mortalität. Die Anzahl der gebrochenen Rippen hatte einen signifikanten Einfluss auf die Mortalität (21-23).

Eine Fraktur der ersten Rippe ist zumeist ein Hinweis für eine intensive Krafteinwirkung, bei welcher entsprechende intrathorakale Gefäße lebensgefährlich verletzt werden können (24). Ein weiteres Indiz für ein Thoraxtrauma mit großer Krafteinwirkung ist die Fraktur der Scapula (25, 26). Mit den Rippenfrakturen häufig vergesellschaftet, v.a. im jüngeren Alter, ist die Lungenkontusion (27). Diese hat eine bedeutsame Relevanz, da eine ihrer schwersten Komplikationen zum Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) führen kann (28). Die Auswertung einer groß angelegten retrospektiven Analyse bezüglich Thoraxtraumata zeigte einen deutlichen Anstieg der Inzidenz von Lungenkontusionen, insbesondere bei der älteren Population, als eine Begleitverletzung des Thoraxtraumas (29). Weitere pulmonale Verletzungen und Komplikationen eines Thoraxtraumas sind der Pneumothorax bzw. Spannungspneumothorax. Sie können lebensgefährlich sein und bedürfen gemäß Indikation einer Dekompression mittels Thoraxdrainage oder einer sofortigen Punktionsentlastung (30). Hierbei gibt es Hinweise, dass die indikationsgerechte Anlage einer Thoraxdrainage sowie die Schmerzkontrolle und physiotherapeutische Beübung in einem guten Outcome resultiert (31). Eine weitere relevante Thoraxverletzung ist der Hämatothorax, der im Hinblick auf eine

mögliche Antikoagulation bei älteren Patientinnen und Patienten problematisch werden kann (32). Aufgrund der geringeren Elastizität der Rippen, frakturieren diese schneller und bergen somit die Möglichkeit, die Lunge und Gefäße direkt zu verletzen. In einer kleinen retrospektiven Studie gibt es vorsichtig zu interpretierende Hinweise, dass sich v.a. bei älteren Personen ein Hämatothorax verzögert entwickeln und mit einer erhöhten Wiederaufnahmerate und interventioneller Therapie assoziiert sein kann (33). In der Literatur sind Hämatothorax, Pneumothorax bzw. Hämatothorax in über 70% der Fälle mit Rippenfrakturen dokumentiert (34). Sie finden sich auch bei den sog. „Deadly Dozen“ (35) wieder. Hierunter fallen insgesamt zwölf Verletzungen bei einem Thoraxtrauma, die unbehandelt zum Tode führen können (35). Als „Lethal Six“ (35) werden dabei sechs Verletzungen zusammengefasst, die in einem primären Assessment einer unverzüglichen Evaluation und Behandlung bedürfen (35). Die „Hidden Six“ (35) stellen ebenso potentiell lebensbedrohliche Verletzungen dar, welche spätestens in einem sekundären Assessment detektiert werden sollten (siehe *Tabelle 1*) (35).

Das tödliche Dutzend	
Die tödlichen Sechs	Die versteckten Sechs
Atemwegsobstruktion	Thorakale Aortenruptur
Spannungspneumothorax	Tracheobronchiale Verletzung
Herzbeuteltamponade	Contusio cordis
Offener Pneumothorax	Traumatische Zwerchfellruptur
Massiver Hämatothorax	Ösophagusruptur
Instabiler Thorax	Lungenkontusion

Tabelle 1 – Das tödliche Dutzend (35)

2.2 Diagnostische und therapeutische Verfahren beim Thoraxtrauma

Das standardisierte Vorgehen bei der Behandlung von traumatisierten Patientinnen und Patienten ist für eine optimale Versorgung unverzichtbar (36). Nachfolgend werden die diagnostischen Modalitäten bei einem Thoraxtrauma skizziert sowie verschiedene therapeutische Verfahren erläutert.

2.2.1 Diagnostik

In klinischen Studien zeigte sich, dass das Thoraxtrauma präklinisch häufig unter- bzw. überschätzt wurde (3, 4, 37). In der präklinischen Akutversorgung sollte neben der Sicherung

der Vitalfunktion am Unfallort (36) zunächst eine Basisdiagnostik stattfinden, mithilfe derer u.a. ein potenzielles Thoraxtrauma identifiziert werden kann. Hieraus resultiert dann ggf. ein Behandlungsbedarf (z.B. das Legen einer Thoraxdrainage bei einem Pneumothorax) (38). Das Ablaufschema sollte dabei nach anerkannten Kriterien der S3-Leitlinie und einschlägigen Kursformaten (z.B. „Advanced Trauma Life Support“ (ATLS)) erfolgen, welche Behandlungsalgorithmen vorschlagen, die der Beherrschung der Akutsituation dienen (36, 38). Zur Einschätzung der Traumafolgen sollte die Kinematik berücksichtigt werden. Dieses Vorgehen liefert Rückschlüsse auf potentielle Verletzungen (14). Eine weiterführende Stabilisierung und Notfalldiagnostik erfolgt bei adäquatem Trauma im Schockraum mit interdisziplinärem Schockraumteam mittels extended Focused Assessment with Sonography (eFAST) und Röntgen-Thorax oder bei schwerem Thoraxtrauma einer Polytrauma-Computertomographie (36, 38). Eine Blutgasanalyse (BGA), sowie eine umfangreiche Blutuntersuchung (inkl. Troponin T) und 12-Kanal-EKG sollten dann ebenso ergänzt werden (36, 38).

2.2.2 Konservative Therapie

Die konservative Therapie des Thoraxtraumas ist insbesondere auf eine adäquate Schmerztherapie ausgelegt. Mit dieser sollte der Patientin bzw. dem Patienten das tiefe Ein- und Ausatmen schmerzarm gelingen (39). Dies in Kombination mit Frühmobilisation und atemphysiotherapeutischem Training, z.B. mittels eines Atemtrainers, stellen wichtige Säulen der Behandlung dar und können zur Prophylaxe pulmonaler Komplikationen (der Entwicklung einer Pneumonie) beitragen (39). Schmerzen hindern die Patienten am Husten und der tiefen Inspiration, sodass die Bildung von Infiltraten und Atelektasen begünstigt wird (39, 40). Die Schmerztherapie kann, je nach Schwere des Traumas und der Beschwerden, multimodal aufgestellt sein. Neben den geläufigen Analgetika (Nicht steroidale Antirheumatika (NSAR), Paracetamol (40)) stellt auch die Kombination dieser mit Opioiden (ggf. als i.v.-Applikation) eine Möglichkeit der Analgesie dar. Unerwünschte Arzneimittelwirkungen, wie z.B. Übelkeit und Erbrechen sowie Atemdepression, sollten in der Behandlung mit bedacht werden (40). Weiterhin bestehen noch weitere analgetische Therapieoptionen (39, 41):

- Bei der thorakalen Epiduralanästhesie erfolgt eine Katheteranlage im Epiduralraum zur kontinuierlichen Applikation von Opioiden und Anästhetika (39, 41).
- Der Interkostalblock kann als Katheteranlage oder singuläre Injektion erfolgen. Hier wird ein Lokalanästhetikum unterhalb der Rippe injiziert, um so die Nn. Intercostales zu betäuben (39, 41).

- Eine weitere Möglichkeit beinhaltet der Paravertebralblock, bei welchem ein Anästhetikum in den paravertebralen Raum nahe an den Spinalnerv eingebracht wird und so eine einseitige senso-motorische und sympathische Blockade erreicht (39, 41).
- Bei der intrapleurale Blockade wird zwischen den Pleurablättern (Pleura parietalis und visceralis) ein Anästhetikum appliziert. Aufgrund überwiegender Nachteile empfiehlt sich diese Methode eher nicht (39, 41).

Pulmonale Komplikationen treten häufig in den ersten 48-72 Stunden nach Thoraxtrauma auf (40). Eine unterstützende Nicht-invasive Beatmung (NIV) sollte rechtzeitig angeboten werden. Die Evidenz bezüglich der Studienlage von NIV bei Thoraxtraumata ist nicht eindeutig belegt (39, 42), obgleich es ein wichtiges Tool ist, um die Intubation bei Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma ggf. zu vermeiden (43). Duggal et al. analysierten in einem systematischen Review verschiedene Studien dazu. Demnach kann NIV bei Patientinnen und Patienten empfohlen sein, die hämodynamisch stabil sind, keine neurologischen Einschränkungen und keine wesentliche Atemfunktionsstörung haben (42). Die Intubation kann jedoch unter bestimmten Voraussetzungen ebenso notwendig sein. Ob eine Atemunterstützung indiziert ist, ist individuell und in Abhängigkeit von der Patientin bzw. dem Patienten und deren Verletzungsmuster zu entscheiden (44).

2.2.3 Interventionelle/ Operative Therapie

In der Akutsituation, aber auch im klinischen Setting, erfordert der Verdacht auf einen (Spannungs-)Pneumothorax mit hämodynamischer Instabilität bei der Patientin oder dem Patienten die unmittelbare Entlastungspunktion bzw. eine Thoraxdrainage (38). Die früher geläufige Empfehlung, die akute Dekompression in der Monaldi-Position (2. ICR, medioclavicular) zu tätigen, findet sich in den aktuell gültigen ATLS®-Empfehlungen nicht wieder. Eine Entlastung sollte demnach im 5. ICR der vorderen oder mittleren Axillarlinie erfolgen (45). In der S3-Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletzen-Behandlung 2022 werden die verschiedenen Punktionsorte auf Grundlage von Studien miteinander verglichen. Im Ergebnis wird keine Empfehlung für den einen (Bülau-Position) oder anderen (Monaldi-Position) Punktionsort herausgegeben (38). Entscheidend ist jedoch in der Präklinik die unverzügliche Entlastung eines lebensbedrohlichen Spannungspneumothorax zunächst mittels Nadeldekompression (38). Anschließend sollte der Pleuraspalt chirurgisch eröffnet werden (38). Häufig ist die Anlage einer Thoraxdrainage mit empfohlener Single-Shot Antibiotikagabe (46) die endgültige interventionelle Therapie (30). Die Größe der verwendeten Drainage hat dabei keine relevanten Auswirkungen auf das Outcome (47). Bislang galt, dass eine Notfallthorakotomie dann indiziert ist, wenn ein hämodynamisch instabiler Patient initial über 1500ml Blut oder 250ml/h Blut über vier Stunden verliert oder die hämodynamische Instabilität

einer penetrierenden Thoraxverletzung zugrunde liegt (38). Mit der aktuell gültigen Version der S3 Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletztenbehandlung 2022 wurde aufgrund der Datenlage diese Meinung aufgebrochen und die Verlustmengen gestrichen mit dem Verweis, dass diese jedoch weiterhin Entscheidungshilfen sein können (38). Eine Video Assisted Thoracoscopic Surgery (VATS) kann zu therapeutischen, aber auch diagnostischen Zwecken bei einer hämodynamisch stabilen Patientin bzw. einem hämodynamisch stabilen Patienten angewandt werden (38). Sofern Patienten aufgrund eines instabilen Thorax invasiv beatmet werden, kann eine „pneumatische Schienung im Rahmen der Überdruckbeatmung“ (38) therapeutisch hilfreich sein (38). Ebenso kann eine osteosynthetische Stabilisierung der Thoraxwand die Beatmungsdauer sowie die Liegedauer auf der Intensivstation reduzieren (38, 48-50).

2.3 Multimorbidität und Polypharmazie

Häufig gestaltet sich die (Notfall-)Behandlung von älteren Patientinnen und Patienten komplexer. Dies hat mehrere zu berücksichtigende Faktoren:

- Ältere Patientinnen oder Patienten weisen oftmals behandlungsbedürftige und/ oder medikamentenpflichtige Erkrankungen auf (z.B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen) (51).
- Durch sich mit dem Alter verändernde Stoffwechselprozesse sowie Fettverteilungsmuster und somit der Physiologie insgesamt (52), wirkt eine medikamentöse Behandlung auf ältere Patientinnen oder Patienten unter Umständen abweichend der gewohnten Reaktion (53).
- Mit zunehmender Morbidität steigt das Risiko für die Einnahme einer Vielzahl an Medikamenten (52-54).

Der Begriff Multimorbidität wurde im Jahr 2013 durch die „European General Practice Research Network“ als jedwede Kombination chronischer Erkrankungen mit mindestens einer chronischen oder akuten Erkrankung, biopsychosozialen Faktor oder somatischen Risikofaktor definiert (55). Mit zunehmendem Alter steigt die Anzahl und Komplexität der Komorbiditäten wie z.B. der cardio-vaskulären Erkrankungen (56). In einem systematischen Review, in welchem die Prävalenz für 15 chronische Erkrankungen untersucht wurde, zeigte sich eine Multimorbidität bei unter 65-jährigen in 50% der Fälle, im Alter von 65-74 in 62% sowie bei den über 80-jährigen in 81,5%. Einschränkungen dieses Reviews sind insbesondere, dass die untersuchten Studien nicht vergleichbar waren und auch unterschiedliche Definitionen der Multimorbidität bestanden (57). In einer weiteren Studie konnte jedoch gezeigt werden, dass die Prävalenz für Multimorbidität im Wesentlichen mit dem Alter anstieg, verstärkt ab einem Alter von 65 Jahren (58). Dennoch tritt Multimorbidität auch bei unter 65-jährigen häufig auf (58, 59) und wird somit zunehmend relevanter.

Evidenzbasierte Empfehlungen in Leitlinien bzw. Behandlungskonzepte in Bezug auf Multimorbidität fehlen jedoch weitestgehend. Ein wichtiger Grund hierfür liegt vor allem darin, dass multimorbide Patientinnen und Patienten in den meisten Studien ausgeschlossen werden und somit valide Erkenntnisse nicht ermittelt werden können (60). In einer gerontopsychiatrischen Studie (Gepsy-B), welche 941 Patientinnen und Patienten einschloss, die über 65 Jahre alt waren, zeigte sich, dass in 94,2% der Fälle mindestens eine somatische chronische Erkrankung vorlag (61). Grundsätzlich sind psychische Erkrankungen im Alter mit 23% bei den über 70-jährigen in der Bevölkerung häufig angesiedelt (62).

Altersphysiologische Veränderungen haben mehrere Auswirkungen in der alltäglichen, aber auch Notfallmedizinischen Behandlung und müssen daher berücksichtigt werden. Die Knochendichte sowie -elastizität nimmt ab und somit besteht die Gefahr, dass sich ältere Menschen auch bei nicht schwerwiegenden Stürzen Knochenbrüche zuziehen (52). Ebenso verringert sich die Elastizität der Gefäße, was einerseits durch Atherosklerose verstärkt werden kann und andererseits zur arteriellen Hypertonie führen kann (52). Die arterielle Hypertonie ist für sich genommen einer der wichtigsten Risikofaktoren für z.B. einen Schlaganfall oder Herzinfarkt (63). Veränderungen der Lunge wie z.B. ein eingeschränkter Gasaustausch oder eine verminderte Lungenelastizität gewinnen v. a. bei gleichzeitig bestehenden pulmonalen Vorerkrankungen (chronisch obstruktive Lungenerkrankung, Asthma bronchiale u.a.) an Bedeutung und können die bestehenden Symptome verstärken (52). Aufgrund abnehmender Durchblutung der Nieren verlieren diese ab dem 40. Lebensjahr pro Lebensjahrzehnt ca. 10% an Funktionalität. Da auch die Kreatininbildung abnimmt, kann eine eingeschränkte Nierenfunktion bei normwertigem Harnstoff und Kreatinin vorliegen (52). Auch die Leber ist von einer verringerten Durchblutung und damit auch abnehmender Clearance-Funktion betroffen (52). Eine Abweichung der Leber- und Retentionsparameter von der Norm hat somit im Alter eine wesentlichere Bedeutung, insbesondere in der pharmazeutischen Behandlung, in der Polypharmazie v.a. bei Multimorbidität eine wichtige Rolle spielt.

Polypharmazie beschreibt die regelhafte Substitution mehrerer Wirkstoffe, die zur Behandlung einer oder verschiedener Erkrankungen dienen. Hierbei findet sich in der Literatur oftmals die Definition der Einnahme von fünf oder mehr Medikamenten (64-67). Es betrifft vor allem Patientinnen und Patienten, welche an mehreren chronischen Erkrankungen leiden. Durch die veränderte Pharmakokinetik und -dynamik im Alter (52) sowie die Anzahl der einzunehmenden Medikamente erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten unerwünschter Arzneimittelinteraktionen und -wirkungen (68-70). Eine Untersuchung von Verordnungsdaten der allgemeinen Ortskrankenkasse (AOK) im Jahr 2011 erbrachte das Ergebnis, dass 36% der versicherten Patientinnen und Patienten ab 65 Jahren fünf oder mehr Wirkstoffe verordnet bekommen haben (71). Bei den ab 85-jährigen Patientinnen und Patienten lag der Anteil bei

42% (69, 71). Konträr dazu steht jedoch auch die unzureichende Behandlung von Symptomen oder Erkrankungen im Alter (72, 73). Eine mögliche Begründung hierfür kann sein, dass ältere Menschen z.B. behandlungsbedürftige Schmerzen als einen normalen Prozess des Alterns interpretieren (74) und ggf. deshalb nicht erfasst werden.

Es gibt zudem mehrere Hinweise, dass eine langfristige Protonenpumpeninhibitoren-Therapie das Risiko von Osteoporose-assoziierten Frakturen begünstigt (75). Protonenpumpeninhibitoren (PPI) werden häufig und teilweise nicht indikationsgerecht verordnet (76, 77). Bestimmte Arzneimittelgruppen bzw. Wirkstoffe werden weiterhin mit einem erhöhten Sturzrisiko assoziiert. Hierzu zählen u.a. Opioide, Antidepressiva, Beta-Blocker, NSAR (78, 79). Auch vor diesem Hintergrund sollte die (Dauer-)Medikation einer Patientin bzw. eines Patienten ständig reevaluiert werden. Vereinzelt deutet sich in Untersuchungen an, dass die gezielte Reduktion der Dauermedikation effektiv im Hinblick auf die Sturzprävention ist (80). Es gibt zudem Negativlisten (z.B. Beers-Liste (81, 82), PRISCUS-Liste (83)), die Medikamente aufzeigen, welche bei Älteren in der Behandlung aufgrund von unerwünschten Arzneimittelwirkungen weniger geeignet erscheinen. Mit der Fit fOR The Aged-Liste (FORTA-Liste) kann, bei genauer Kenntnis über die Patientin bzw. über den Patienten, die Medikation indikationsgerecht geprüft werden. In einer Pilotstudie zeigten sich vorsichtig zu interpretierende Ergebnisse, dass sich die Sturzrate bei FORTA-Anwendung signifikant senkte (84).

3 Forschungsfragen und primärer Endpunkt

In einer Zeit des demographischen Wandels sollte der Behandlung von älteren Patientinnen und Patienten zunehmende Bedeutung beigemessen werden. Durch zahlreiche Vorerkrankungen, welche zum großen Teil medikamentös behandelt werden, aber auch physiologische Veränderungsprozesse, gestalten sich Therapien sehr individuell. Es ist bekannt, dass das Thoraxtrauma, je nach Schwere, einen Einfluss auf das Outcome traumatisierter Patientinnen und Patienten hat (11). In Bezug auf ältere Patientinnen und Patienten existieren jedoch nur wenige Untersuchungen, die relevante Faktoren in Bezug auf ein Thoraxtrauma aufzeigen. Zudem geben die Leitlinien keine Algorithmen oder Behandlungspfade in Bezug auf Multimorbidität und/ oder Polypharmazie. In weiterführenden Studien werden ältere Personen meist aufgrund von Vorerkrankungen, aber auch aus ethischen Gründen, ausgeschlossen (60). So fehlt es weitestgehend an Studien, die im Hinblick auf das Alter, den wissenschaftlichen Fortschritt in diesem Sektor zur Verbesserung der Versorgung vorantreiben. Mit der geplanten retrospektiven Auswertung soll das Thoraxtrauma der Älteren multivariat analysiert werden, um Risikofaktoren für Mortalität und Morbidität zu definieren und daraus ggf. therapeutische Empfehlungen oder prognostische Vorhersagen abzuleiten zu können.

Es lassen sich folgende Fragen abstrahieren:

- Wie stellt sich das Kollektiv in einem überregionalen Traumazentrum in Bezug auf das Thoraxtrauma dar?
- Begünstigen bestimmte Faktoren (z.B. Verletzungsmuster, Komorbiditäten, Body Mass Index (BMI), Antikoagulation oder Komplikationen) eine hohe Mortalität?
- Gibt es Komplikationen (z.B. das Auftreten einer Pneumonie im Verlauf, ARDS), welche hinsichtlich eines Thoraxtraumas bei der Behandlung vermehrt auftreten und wodurch werden diese beeinflusst?

Als primärer Endpunkt wurde die Mortalitätsrate definiert. Sekundärer Endpunkt waren die Häufigkeit und Einflussfaktoren für das Entstehen einer Pneumonie im Verlauf, sowie die Anlage einer Thoraxdrainage.

4 Patienten, Material und Methoden

Es erfolgte die Abfrage der Patienten im Krankenhausinformationssystem KIS NEXUS im Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz. Hierbei wurden folgende Einschlusskriterien beachtet:

- Patientinnen und Patienten, welche sich vom 01.01.2012 – 31.12.2018 im Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz aufgrund eines Thoraxtraumas in Behandlung befanden
- Folgende Diagnosen waren dabei als Haupt- oder Nebendiagnose verschlüsselt: S22.2 (Fraktur des Sternums), S22.31 (Fraktur der ersten Rippe), S22.32 (Fraktur einer sonstigen Rippe), S22.40 (Rippenserienfraktur nicht näher bezeichnet), S22.41 (Rippenserienfraktur mit Beteiligung der ersten Rippe), S22.42 (Rippenserienfraktur mit Beteiligung von zwei Rippen), S22.43 (Rippenserienfraktur mit Beteiligung von drei Rippen), S22.44 (Rippenserienfraktur mit Beteiligung von vier und mehr Rippen), S22.5 (Instabiler Thorax)
- Bei Aufnahme der Patientin oder des Patienten war diese oder dieser mindestens 60 Jahre alt

Als Grundlagen der Datenerhebung dienten das Krankenhausinformationssystem KIS NEXUS sowie die schriftlichen Patientenakten und Pflegeprotokolle, welche ab einschließlich 2016 angefordert werden konnten.

4.1 Patientenkollektiv

Die Abfrage ergab 432 Patientinnen und Patienten, welche die oben genannten Kriterien erfüllten.

4.1.1 Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden Patientinnen und Patienten, welche die o.g. Einschlusskriterien nicht erfüllten. Weiterhin waren in der Abfrage 58 Patientinnen und Patienten doppelt gelistet, sodass diese in der Auswertung nur einmalig mit betrachtet wurden. Ebenso wurden solche ausgeschlossen, welche nach Trauma extern vorbehandelt und zur weiteren Behandlung in das Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz verlegt wurden (N=19). Patientinnen und Patienten, welche vor Abschluss der Behandlung weiterverlegt wurden, wurden ebenso nicht berücksichtigt (N=42). 7 Patientinnen und Patienten wurden sowohl zu- als auch weiterverlegt.

Bei 109 Patientinnen und Patienten waren im System keine auswertbaren Daten hinterlegt, sodass diese ebenso ausgeschlossen wurden.

Abbildung 1 stellt nachfolgend in einem Flussdiagramm das Patientenkollektiv dar.

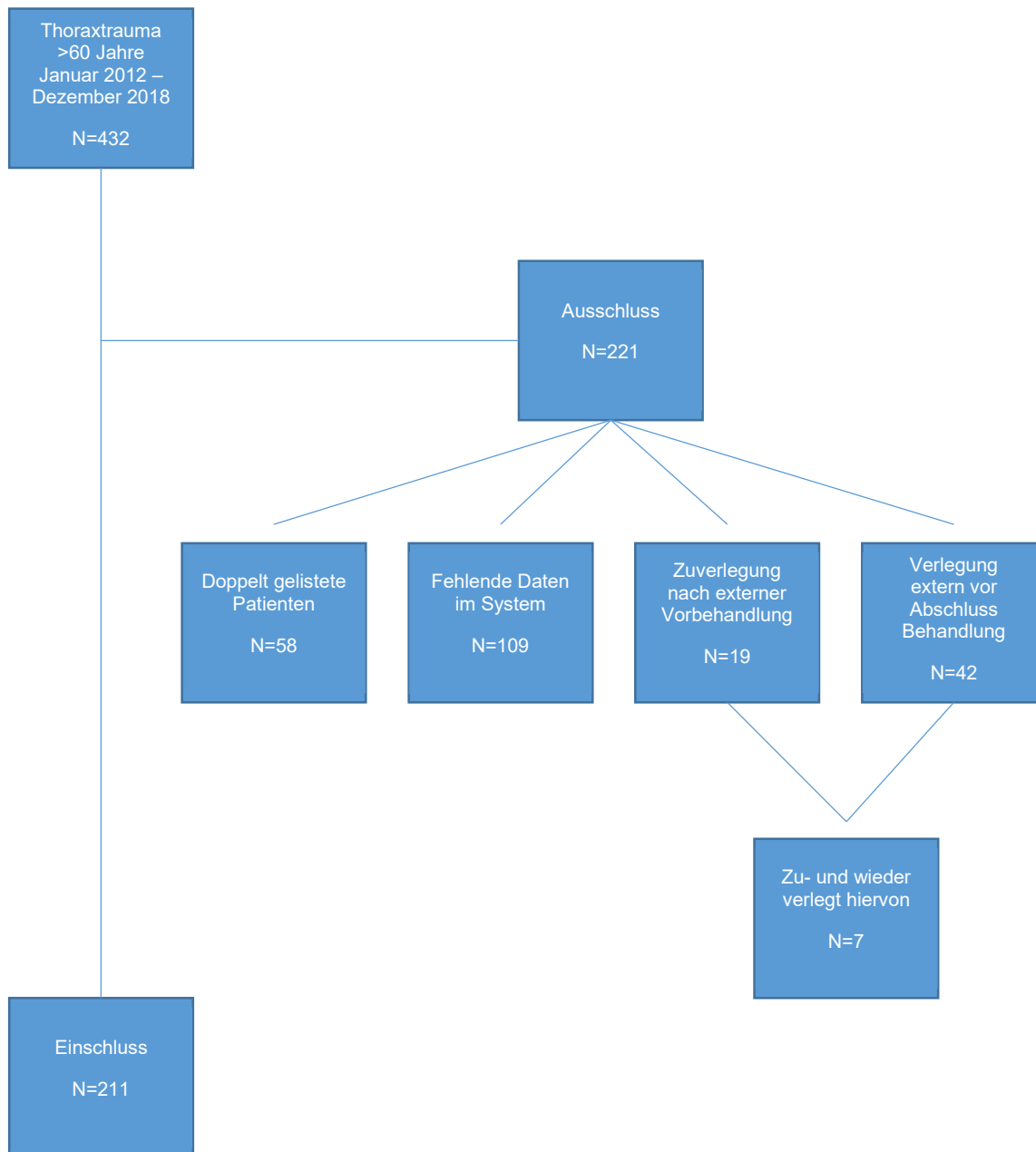


Abbildung 1 - Flussdiagramm Patientenkollektiv

4.2 Darstellung der erhobenen Parameter

Bei der Auswahl der Parameter wurde der Schwerpunkt auf die Untersuchung möglicher prognostisch relevanter Faktoren gelegt. In *Tabelle 2* sind nachfolgend die zu jedem Patienten erhobenen Parameter, sofern diese verfügbar waren, aufgelistet.

Kategorie	Parameter	Erläuterung
Patientenspezifische Faktoren	Alter	<i>Angegeben in Jahre</i>
	Geschlecht	<i>Männlich/ weiblich</i>
	BMI	<i>= Körpergewicht : (Körpergröße)²</i>
	Unfallmechanismus	<i>Verkehrsunfall Sturz aus geringer Höhe/ häuslicher Sturz Treppensturz Fahrradsturz Sturz aus großer Höhe (>2m) Überrolltrauma Reanimation Pferdesturz andere</i>
	Pulmonale Vorerkrankungen	<i>Alle Vorerkrankungen, die die Lunge betreffen und die bei Aufnahme oder im Entlassbrief dokumentiert waren; angegeben in ja/ nein</i>
	Andere Vorerkrankungen - Arterielle Hypertonie - Niereninsuffizienz - Diabetes Mellitus - Osteoporose - Apoplex - Koronare Herzerkrankung - Herzinsuffizienz - Vorhofflimmern	<i>Vorerkrankungen, die bei Aufnahme oder im Entlassbrief dokumentiert waren; angegeben in ja/ nein</i>
Gerinnungshemmende Medikamente	<i>Hierunter fallen in dieser Betrachtung Antikoagulantien (DOAK, Vitamin-K-Antagonisten, niedermolekulares und unfraktioniertes Heparin) sowie Thrombozytenaggregationshemmer</i>	

		<i>(ASS, Clopidogrel, Prasugrel, Ticagrelor); angegeben in ja/ nein</i>
	Anzahl Wirkstoffe in Dauermedikation	<i>Es wurden ausschließlich pharmazeutische Wirkstoffe und keine Nahrungsergänzungsmittel oder Wirkstoffe aus dem Bereich der Naturheilkunst berücksichtigt; angegeben in Zahlen</i>
Verletzungen	Rippenfraktur	<i>Angegeben jeweils in ja/ nein</i>
	Rippenserienfraktur	
	Fraktur der ersten Rippe	
	Pneumothorax	
	Hämatothorax	
	Lungenkontusion	
Diagnostik und Therapie	Polytrauma-Computertomographie	<i>Angegeben in ja/ nein</i>
	Operationen gesamt	<i>Beschreibt, ob eine Operation grundsätzlich für jedweden Körperbereich notwendig gewesen ist; angegeben in ja/ nein</i>
	VATS oder Thorakotomie	<i>Angegeben in ja/ nein</i>
	Anzahl stattgehabter Operationen	<i>Beschreibt die Anzahl stattgehabter Operationen einer Patientin/ eines Patienten im gesamten stationären Aufenthalt</i>
	Anlage Thoraxdrainage	<i>Angegeben in ja/ nein</i>
	Antibiotische Therapie	<i>Jede dokumentierte Gabe einer antibiotischen Therapie, auch Single-Shots; angegeben in ja/ nein</i>
	NIV	<i>Angegeben in ja/ nein, jede dokumentierte NIV-Therapie</i>
	Invasive Beatmung	<i>Angegeben in ja/ nein</i>
	Invasive Beatmungsdauer (Stunden)	<i>Angabe in Stunden</i>
	Liegedauer gesamt (Tage)	<i>Angabe in Tagen</i>
	Liegedauer ITS (Tage)	<i>Angabe in Tagen</i>

Komplikation	Verstorben	<i>Während des stationären Aufenthalts; angegeben in ja/ nein</i>
	Pneumonie im Verlauf	<i>Jede dokumentierte Pneumonie (radiologisch oder in Arztbriefen); angegeben in ja/ nein</i>
	ARDS	<i>Angegeben in ja/ nein</i>

Tabelle 2 - Darstellung der erhobenen Parameter

4.3 Darstellung der erhobenen Scores/ Klassifikation/ Indizes

Nachfolgend werden die dazu erhobenen Scores, Klassifikation und Indizes erläutert.

4.3.1 Abbreviated Injury Scale

Die Abbreviated Injury Scale ist eine Skala zur Klassifizierung der Verletzungsschwere von traumatisierten Patientinnen und Patienten. Sie drückt in Zahlen von 0 (keine Verletzung) bis 6 (tödliche Verletzung) die Schwere von Einzelverletzungen in jeweils neun verschiedenen Körperregionen aus. Hieraus kann die Überlebenswahrscheinlichkeit der Patientinnen und Patienten abgeleitet werden (85). 1971 zunächst durch das American Medical Association Committee on Medical Aspects of Automotive Safety veröffentlicht (86), ist die Skala über die Jahre weiterentwickelt worden (85). Ein Update wurde zuletzt 2008 herausgegeben (87). An diesem wurde sich in der vorliegenden Arbeit orientiert.

Zur Vervollständigung sei erwähnt, dass es ein sogenanntes „Codebook“ gibt, aus welchem bei Erhebung der Skala eine 7-stellige Ziffer generiert werden kann (sog. Abbreviated Injury Scale Identifier, kurz AIS-ID) (85). Hiervon beschreibt die erste Ziffer die betreffende Körperregion und die letzte Ziffer die eigentliche Verletzungsklassifizierung. Für die vorliegende Arbeit sind nur diese relevant und in *Tabelle 3* und *4* dargestellt. Die übrigen Zahlen spezifizieren die Verletzung in Ausmaß und genauer Lokalisation und finden hier keine Berücksichtigung.

Körperregion	AIS-Code
Kopf (ohne Gesicht und Schädel)	1
Gesichtsschädel, Gesicht (einschl. Augen und Ohren)	2
Hals (ohne Wirbelsäule)	3
Brustkorb	4
Abdomen	5
Wirbelsäule	6
Arme (einschl. Schulter)	7
Beine (einschl. Hüfte und Beckenknochen)	8
Äußere und andere Verletzungen	9

Tabelle 3 - AIS Körperregion

Bedeutung	AIS-Code
Keine Verletzung in dieser Region	0
Gering	1
Ernsthaft	2
Schwer	3
Sehr schwer	4
Kritisch	5
Maximal (nicht behandelbar)	6

Tabelle 4 - AIS Bedeutung

4.3.2 Injury Severity Score (ISS) und New Injury Severity Score (NISS)

Mithilfe des Injury Severity Scores lässt sich die Verletzungsschwere von traumatisierten Patientinnen und Patienten anhand eines Punktwertes einordnen. Veröffentlicht wurde er von Baker et al. 1974 (88). Im Ergebnis stützt sich der Score auf die drei bei einem Trauma höchsten erhobenen AIS-Punktwerte aus insgesamt sechs Körperregionen ab (siehe *Tabelle 5*). Diese drei Werte werden jeweils quadriert und dann summiert. Ein Ergebnis von 0 – 75 ist möglich. Eine Besonderheit ist dabei, dass die zum Tode führende Verletzung, welche beim AIS mit 6 angegeben wird, automatisch zum Höchstergebnis 75 führt. Gemäß DGU®-Jahresbericht wird das Polytrauma mit einem ISS-Wert von ≥ 16 definiert (8, 89).

Beispiel: $(AIS a)^2 + (AIS b)^2 + (AIS c)^2 = ISS\text{-Score}$

Körperregion
Kopf und Hals
Gesicht
Thorax
Abdomen/ Beckeninhalt
Extremitäten/ Beckengürtel
Äußerliche Verletzungen

Tabelle 5 - ISS Körperregionen

Obgleich der Score in der Praxis geläufig ist, steht dieser auch in der Kritik. Durch die Beschränkung auf gewisse Körperregionen und mit Fokus auf anatomische Verletzungen werden unter Umständen Traumata (wie z.B. Schädelhirntrauma) unzureichend erfasst (90). Ebenso finden multiple Verletzungen derselben Kategorie (z.B. Abdomen) zum Teil keine Berücksichtigung (91). Mit dem New Injury Severity Score wurde daher versucht, den aufgezeigten Kritikpunkten Rechnung zu tragen. Im Wesentlichen unterscheiden sich beide Scoring-Systeme dadurch, dass beim NISS die Körperregion keine Rolle mehr spielt und alle Verletzungen codiert werden. Im Endergebnis bleibt es jedoch dabei, dass die drei höchst bewerteten Verletzungen quadriert und summiert werden. In Studien zeigte sich, dass die Vorhersagekraft beim NISS dem ISS überlegen ist (92, 93). Praxisgängiger ist jedoch weiterhin der ISS, welcher auch in der vorliegenden Arbeit verwendet wurde.

4.3.3 Charlson Comorbidity Index

Der Charlson Comorbidity Index (CCI) wurde im Jahr 1987 erstmals beschrieben und im Jahr 1994 um den Einfluss des Alters ergänzt und validiert (94, 95). Es ist ein etablierter Index zur Ermittlung der 1-Jahres-Mortalität unter Berücksichtigung des Alters und im Hinblick auf bestehende Vorerkrankungen. Zur Ermittlung des Index stehen 19 Grunderkrankungen (siehe *Tabelle 6*) im Fokus, welche mit einem Punktwert 1, 2, 3 oder 6 hinterlegt sind. Bei der erweiterten altersabhängigen Version werden die verschiedenen Altersdekaden (siehe *Tabelle 7*), beginnend mit 50-59 (+1 Punkt) usw., ebenfalls gestaffelt mit Punktwerten erfasst und summiert. Aus der Summe der gesamten Punkte lässt sich das Risiko ableiten, innerhalb eines Jahres zu versterben.

Krankheit	Punktzahl für die Erkrankung
Myokardinfarkt	1
Systolische Herzinsuffizienz	
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	
Zerebrovaskuläre Erkrankung	
Demenz	
Chronische Lungenerkrankung	
Kollagenose	
Ulkerkrankung (gastroduodenal)	
Leichte Lebererkrankung	
Diabetes Mellitus	
Hemiplegie	
Moderate bis schwere Nierenerkrankung	
Diabetes Mellitus mit Endorganschädigung	
Tumorerkrankung	
Leukämie	
Lymphom	3
Moderate bis schwere Lebererkrankung	
Solider Tumor mit Metastasen	6
AIDS	

Tabelle 6 – Charlson Comorbidity Index (94)

Altersdekade	Punktwert
50-59	1
60-69	2
70-79	3
80-89	4
90-99	5

Tabelle 7 - Punktwertetabelle in Anhängigkeit der Altersdekade (95)

4.3.4 ASA-PS-Classification

Ursprünglich beschrieb die ASA-PS-Classification den physischen Status von Patientinnen und Patienten vor Operationen (96). In weiteren Studien zeigten sich jedoch Korrelationen zum Outcome der Patientinnen und Patienten während und nach der Operation (97, 98). Die ASA-PS-Classification ist ein etabliertes System, um das perioperative Risiko von Patientinnen und

Patienten abzuschätzen (siehe *Tabelle 8*). Hierbei wird der Gesundheitsstaus einer Patientin bzw. eines Patienten ganzheitlich betrachtet, bewertet und von 1-6 klassifiziert. Die Ursprungsversion von 1941 wurde im Verlauf mehrfach überarbeitet und weiterentwickelt.

ASA- PS- Classification	Definition
ASA I	Normaler gesunder Patient
ASA II	Patient mit milden Erkrankungen
ASA III	Patient mit schwerer systemischer Erkrankung und Einschränkung
ASA IV	Patient mit schwerer lebensbedrohlicher Erkrankung
ASA V	Moribunder Patient, welcher ohne die Operation mutmaßlich nicht überleben wird
ASA VI	Ein für Hirntod erklärter Patient, dessen Organe zur Spende entnommen werden

Tabelle 8 - Einteilung ASA-PS-Classification (97)

4.4 Studiendesign

Es wurde eine retrospektive Kohortenstudie durchgeführt. Eine Zustimmung der Ethik-Kommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz (Antragsnummer 2020-15234) lag vor.

4.5 Statistik

Die Datenerfassung, - aufbereitung und statistische Auswertung erfolgte mit SPSS Statistics 27 (IBM, Armonk, New York, USA) und Excel 2019 (Microsoft, Redmond, USA).

Zunächst wurden mithilfe einer deskriptiven Auswertung die Variablen untersucht. Die Beschreibung der Daten erfolgte bei nominalen/ kategorialen Variablen mittels Häufigkeiten und Histogrammen. Für metrische Variablen wurde die Verteilung graphisch (Histogramm) oder mittels Kolmogorov-Smirnov-Tests überprüft. Die graphische Darstellung metrischer Variablen erfolgte mit Boxplots. Normalverteilte Variablen wurden mittels Mittelwertes \pm Standardabweichung und nicht normalverteilte Variablen mittels des Median, sowie Minimal- und Maximalwert angegeben.

Gruppenunterschiede wurden in Abhängigkeit der Verteilung und Skalenniveau mittels Fisher's exaktem Test/ Chi-Quadrat-Test bzw. Student's t-Test oder Mann-Whitney-U-Test überprüft. Das Signifikanzniveau wurde mit $p \leq 0,05$ angenommen.

Diagramme und Tabellen illustrieren die hierbei gewonnenen Erkenntnisse. Das Gesamtkollektiv wurde jeweils mit den drei Endpunkten (*Verstorben*, *Pneumonie im Verlauf*, *Thoraxdrainage*) verglichen. Die Variable *Thoraxdrainage* inkludiert hierbei auch jedwede (minimal-)invasive Thoraxchirurgie. Bei den bereits in der deskriptiven Vergleichsanalyse signifikanten Ergebnissen wurde weiterhin die Odds-Ratio ermittelt und zusammen mit dem p-Wert, sowie dem 95%-Konfidenzintervall angegeben.

Die signifikanten Ergebnisse aus der univariaten Regressionsanalyse wurden mithilfe der binären logistischen Regressionsanalyse multivariat (Methode vorwärts: bedingt) analysiert. Eingefasst wurden bei den abhängigen Variablen *Verstorben* und *Pneumonie im Verlauf* die Ergebnisse, die sich in den Gruppenvergleichen als jeweils signifikant erwiesen haben. Aufgrund der Relevanz zu dem Thema dieser Studie wurde das Alter, ob im Gruppenvergleich signifikant oder nicht, ebenfalls miteingeschlossen. Die Ergebnisse sind in den *Tabellen 15-17* zusammengefasst. Bei der *Pneumonie im Verlauf* wurden die Variablen *Verstorben* sowie die *antibiotische Therapie* nicht berücksichtigt, aus der Überlegung heraus, dass die antibiotische Therapie kein Risikofaktor für das Erlangen einer Pneumonie darstellen sollte, sondern deren Therapie ist. Zum anderen wurden *Verstorben* und *Pneumonie im Verlauf* bereits verglichen, sodass sich durch den Einschluss kein wissenschaftlicher Mehrwert ergeben würde.

Eine Ausnahme bildet die Anlage einer *Thoraxdrainage*. Hier wurden nur solche Variablen mit signifikanten Ergebnissen eingeschlossen, die wissenschaftlich fundiert Sinn ergeben würden.

5 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel wird das Gesamtkollektiv mithilfe der deskriptiven Statistik zusammengefasst und vorgestellt.

5.1 Patientenspezifische Faktoren

5.1.1 Alter, Geschlecht, BMI

Bei der Aufnahme der Patientinnen und Patienten waren diese im Median 75 Jahre alt (Min. 60, Max. 95) (siehe *Abbildung 2*). Die Verstorbenen waren im Median 78 Jahre alt (Min. 60, Max. 95) und die Patientinnen und Patienten, welche eine Pneumonie erlitten, hatten ein Alter im Median von 77 Jahren (Min. 60, Max. 93). In der Gruppe der Thoraxdrainage betrug das mediane Alter 75,5 Jahre (Min. 60, Max. 90).

Patientinnen und Patienten, welche verstorben sind ($M=77,9$, $SD=9,8$), waren signifikant älter ($p=,024$). Dieser Einfluss konnte in der Gruppe Pneumonie im Verlauf ($M=77,3$, $SD=8,5$) in Bezug auf das Alter nicht nachgewiesen werden ($p=,072$). In der Gruppe der Thoraxdrainage ($M=74,4$, $SD=9$) ergab sich ebenso kein signifikanter Unterschied ($p=,867$) zu jenen, ohne Anlage einer Thoraxdrainage.

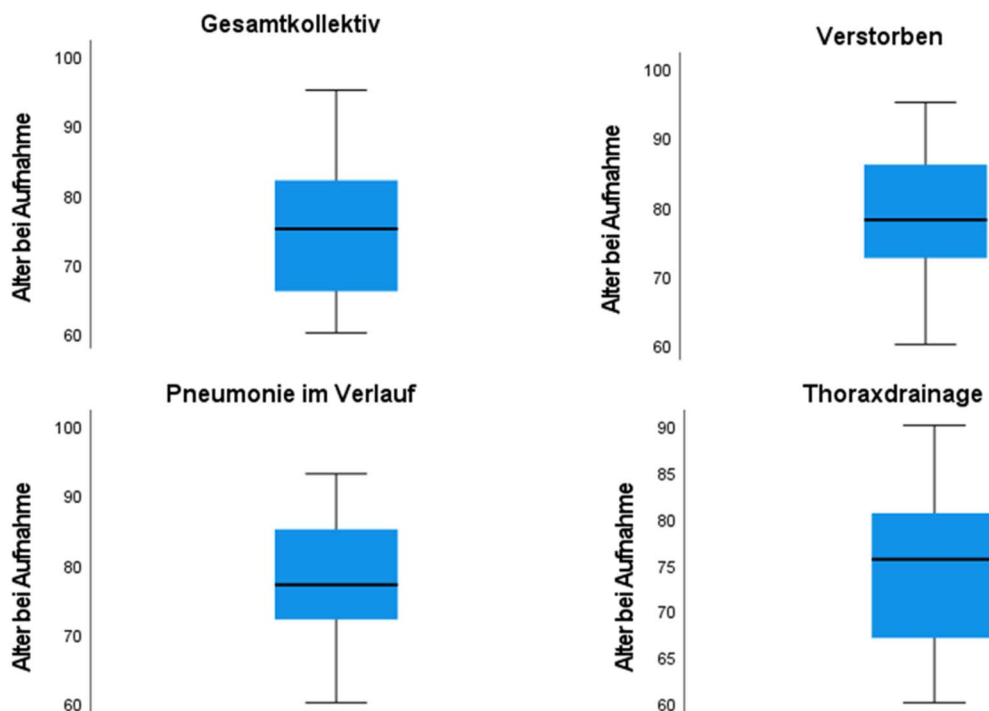


Abbildung 2 - Boxplot Alter bei Aufnahme

Die Geschlechterverteilung des Gesamtkollektivs und der Subgruppen zeigt *Abbildung 3*. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede der Proportionen ($p > ,05$).

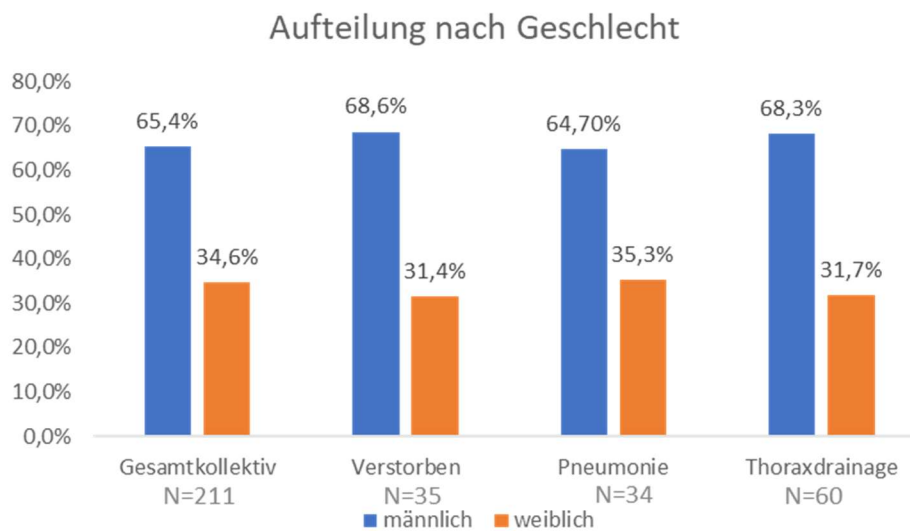


Abbildung 3 - Balkendiagramm Aufteilung nach Geschlecht

Im Median lag der BMI der Patientinnen und Patienten des Gesamtkollektivs bei 26,1 (Min. 10,6, Max. 56,8) (siehe *Abbildung 4*). Gemäß der Einteilung der WHO-Klassifikation liegt dies im prä-adipösen Bereich. Bei den Verstorbenen lag der BMI im Median bei 24,4 (Min. 19, Max. 39). In der Gruppe der Pneumonien betrug der BMI im Median 24,5 (Min. 19,2, Max. 56,8). Patientinnen und Patienten mit Anlage einer Thoraxdrainage hatten im Median einen BMI von 25,9 (Min. 18,4, Max. 56,8).

Zwischen den Verstorbenen ($M=27,8$, $SD=6,2$) und den Nicht-Verstorbenen ($M=26,7$, $SD=5,8$) ergaben sich keine Unterschiede hinsichtlich des BMIs ($p=,486$).

In der Gruppe Pneumonie im Verlauf (ja: $27,6$, $SD= 5$ vs. nein: $26,7$, $SD=5$) zeigte sich in Bezug auf den BMI ebenfalls keine Signifikanz in den Ergebnissen ($p=,590$).

Patientinnen und Patienten mit Thoraxdrainage ($M=27,2$, $SD=6,7$) und jene ohne ($M=26,7$, $SD=5,4$) wiesen ebenso keine Unterschiede beim BMI auf ($p=,655$).

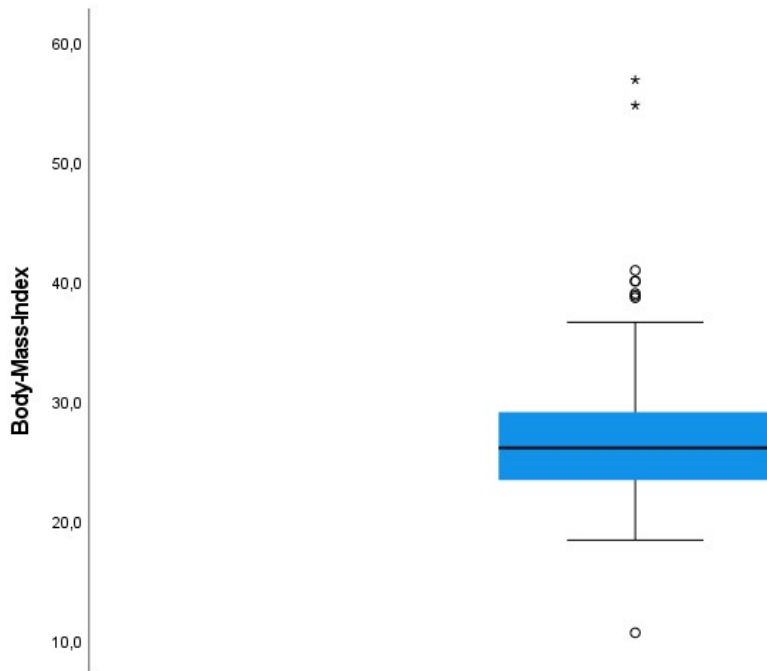


Abbildung 4 - Boxplot BMI des Gesamtkollektivs

5.1.2 Unfallmechanismus

Stürze aus geringer Höhe machten in dieser Untersuchung im Gesamtkollektiv (N=211) mit 30,3% den größten Anteil der Unfallmechanismen aus, gefolgt von Verkehrsunfällen (22,3%) und Treppenstürzen (16,1%). Auch bei den Verstorbenen (N=35) war der Sturz aus geringer Höhe mit 34,4% der häufigste Unfallmechanismus. Bei den Pneumonien (N=34) und Thoraxdrainage (N=60) machte der Sturz aus geringer Höhe ebenfalls den Hauptanteil mit 41,2% (Pneumonie) bzw. 25% (Thoraxdrainage) aus.

Abbildung 5 zeigt die prozentuale Aufteilung der jeweiligen Unfallmechanismen im Gesamtkollektiv.

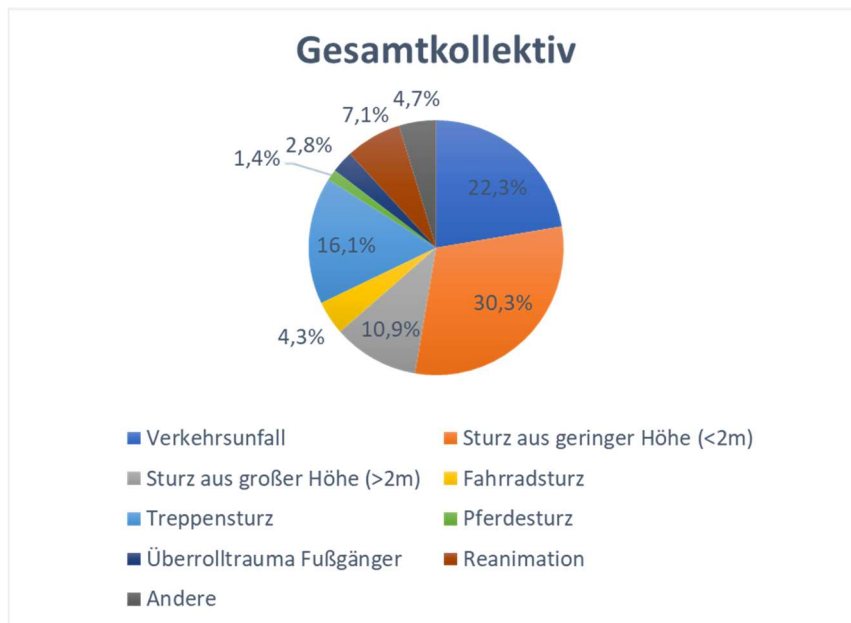


Abbildung 5 - Kreisdiagramm Unfallmechanismus

Der Unfallmechanismus war ein signifikanter Einflussfaktor in der Gruppe der verstorbenen Patientinnen und Patienten ($p=,023$). Eine Zusammenfassung der jeweilig untersuchten Gruppen stellt *Tabelle 9* dar. Insbesondere der Sturz aus geringer Höhe ($p=,037$), das Überrolltrauma ($p=,032$) und die Reanimation ($p=<,001$) erwiesen sich als einflussreich.

Unfallmechanismus	Alle [N= 211]	Verstorben [N=35]		Pneumonie [N=34]		Thoraxdrainage [N=60]	
- Verkehrsunfall	47 (22,3%)	2 (5,7%)	$p=,023$	4 (11,8%)	$p=,274$	13 (21,7%)	$p=,575$
- Sturz aus geringer Höhe/ Sturz < 2m	64 (30,3%)	12 (34,3%)		14 (41,2%)		15 (25%)	
- Treppensturz	34 (16,1%)	6 (17,1%)		6 (17,6%)		8 (13,3%)	
- Fahrradsturz	9 (4,3%)	1 (2,9%)		1 (2,9%)		3 (5%)	
- Sturz aus großer Höhe > 2m	23 (10,9%)	3 (8,6%)		2 (5,9%)		9 (15%)	
- Überrolltrauma Fußgänger	6 (2,8%)	2 (5,7%)		0		3 (5%)	
- Reanimation	15 (7,1%)	7 (20%)		5 (14,7%)		5 (8,3%)	
- Pferdesturz	3 (1,4%)	0		0		2 (3,3%)	
- Andere	10 (4,7%)	2 (5,7%)		2 (5,9%)		2 (3,3%)	

Tabelle 9 – Unfallmechanismus

5.1.3 Vorerkrankungen

In *Abbildung 6* werden die jeweiligen Verteilungen für das Vorliegen von pulmonalen Vorerkrankungen dargestellt.

In der univariaten Analyse zeigte sich ein dreifach höheres Risiko zu versterben (OR 3,058; 95%-KI: 1,436-6,512; $p=,003$), sofern eine pulmonale Vorerkrankung vorlag. Pulmonale Vorerkrankungen stellten in der Gruppe der Pneumonien ebenso einen signifikanten Einflussfaktor dar (OR 2,398; 95%-KI: 1,112-5,170; $p=,023$), nicht jedoch für die Anlage einer Thoraxdrainage ($p=,104$).

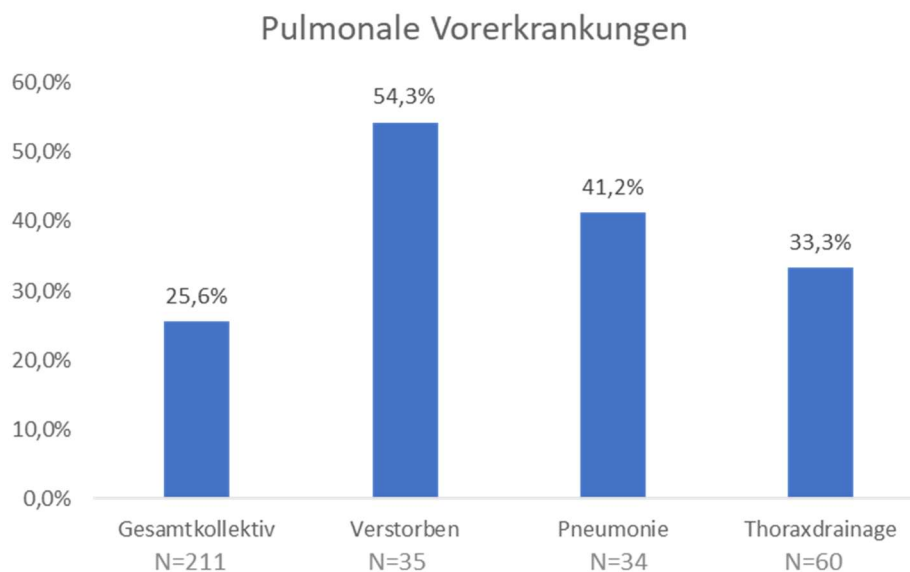


Abbildung 6 - Pulmonale Vorerkrankungen

Abbildung 7 zeigt die deskriptiven Ergebnisse für das Vorliegen einer arteriellen Hypertonie. Im Gesamtcollectiv (N=211) litten 72,9% der Patientinnen und Patienten an einer arteriellen Hypertonie. In den Fällen, die verstarben, lag der Anteil von Patientinnen und Patienten mit arterieller Hypertonie bei 96,3%. Diesbezüglich zeigte sich auch ein signifikantes Ergebnis (OR 11,632; 95%-KI: 1,536-88,070; $p=,003$). In 80,6% der Fälle wiesen Patientinnen und Patienten, die im Verlauf eine Pneumonie entwickelten (N=34), eine arterielle Hypertonie auf. Bei den Thoraxdrainagen lag der Anteil an Fällen mit arterieller Hypertonie bei 73,1%. Hier zeigte sich, ebenso wie bei der Thoraxdrainage, kein signifikantes Ergebnis im Vergleich.

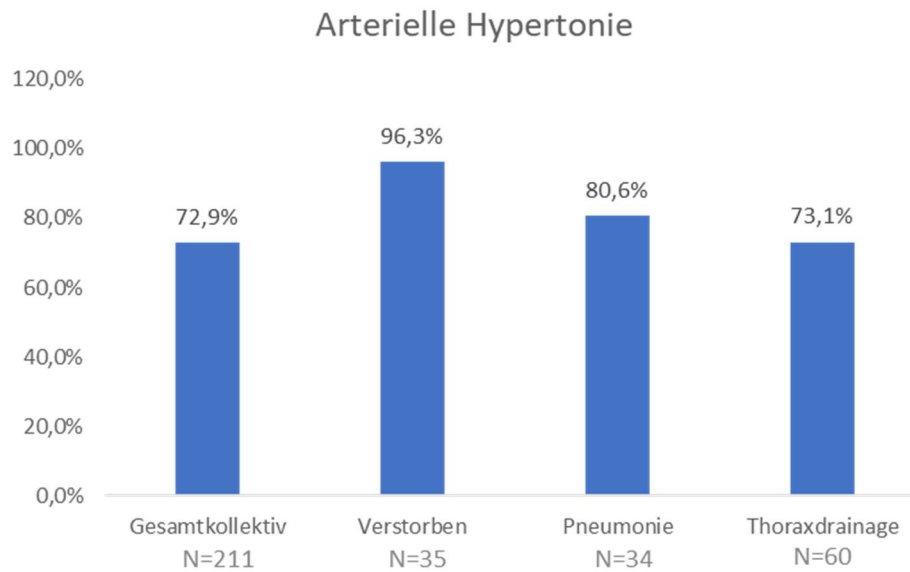


Abbildung 7 - Arterielle Hypertonie im Vergleich

Eine Niereninsuffizienz lag 25% der Patientinnen und Patienten des Gesamtkollektivs (N=211) vor. Bei den Verstorbenen (N=35) lag der Anteil bei 46,2% und wies einen signifikanten Zusammenhang auf (OR 3,110; 95%-KI: 1,320-7,328; $p=,007$).

Bei 30% der Patientinnen und Patienten, die eine Pneumonie im Verlauf (N=34) erlitten hatten, lag auch eine Niereninsuffizienz vor. Bei der Thoraxdrainage (N=60) entsprach der Anteil der Fälle mit Niereninsuffizienz 30,6%.

In den Gruppenvergleichen waren die Ergebnisse hier jeweils nicht signifikant. Dargestellt ist dies in *Abbildung 8*.

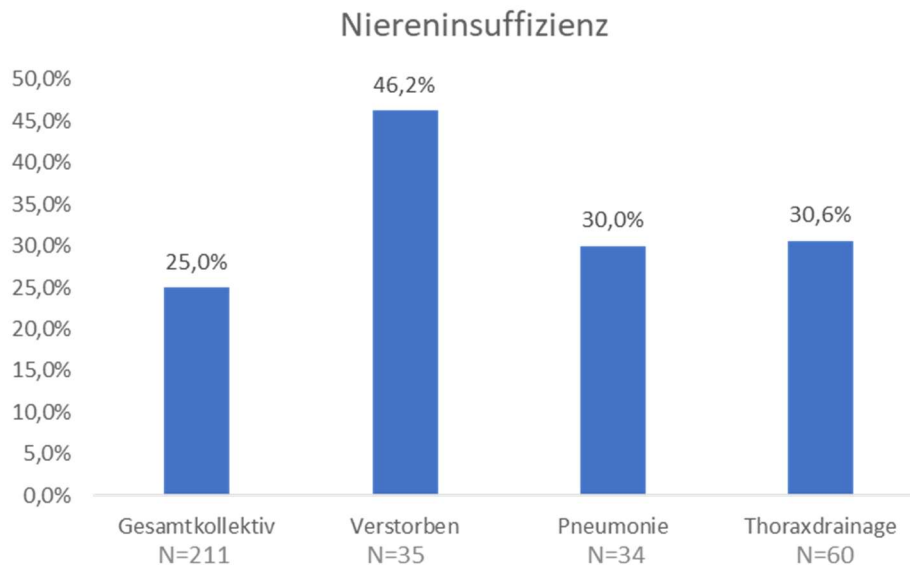


Abbildung 8 - Niereninsuffizienz im Vergleich

20,4% der Fälle des Gesamtkollektivs (N=211) litten bei Aufnahme an Diabetes mellitus. Von den Verstorbenen (N=35) war bei 22,2% Patientinnen und Patienten ein Diabetes mellitus dokumentiert. Bei jenen, die eine Pneumonie im Verlauf erlitten (N=34), lag der Anteil der an Diabetes mellitus erkrankten Patientinnen und Patienten bei 3,3%. In 19,6% der Fälle, die eine Thoraxdrainage hatten, lag ein Diabetes Mellitus vor (vgl. *Abbildung 9*). In Bezug auf die Gruppen Verstorben und Thoraxdrainage waren die Ergebnisse im Gruppenvergleich mit der Erkrankung Diabetes mellitus jeweils nicht signifikant. Bei den Pneumonien war der Diabetes mellitus ein Einflussfaktor ($p=,011$).

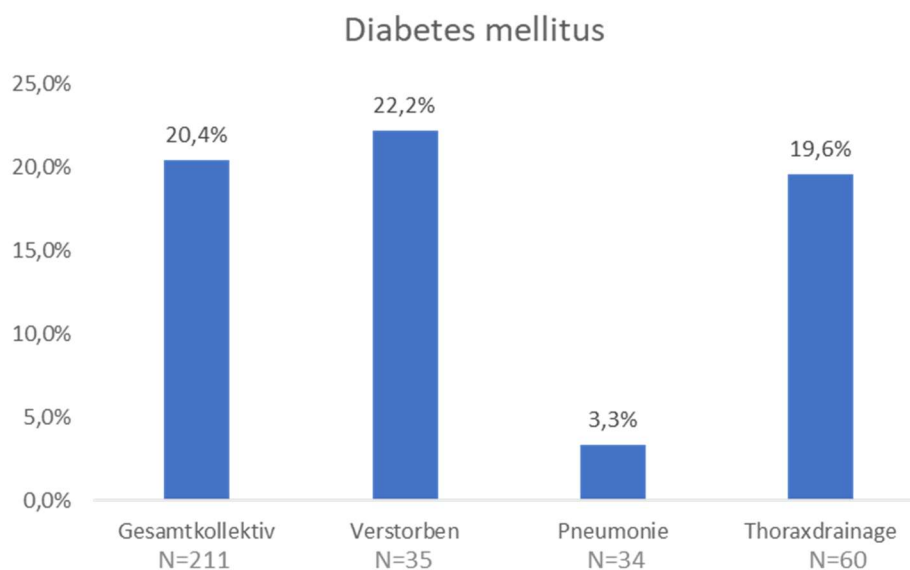


Abbildung 9 - Diabetes mellitus im Vergleich

Im Gesamtkollektiv (N=211) war bei insgesamt 7,8% der Patientinnen und Patienten eine Osteoporose diagnostiziert. Bei 7,4% der Verstorbenen (N=35) lag eine Osteoporose vor. Bei jenen, die eine Pneumonie im Verlauf erlitten (N=34), war dies bei 12,9% der Patientinnen und Patienten der Fall und bei der Thoraxdrainage (N=60) betraf es 3,8% der Fälle. Die Ergebnisse waren im Vergleich jeweils nicht signifikant. Illustriert wird die Deskription in *Abbildung 10*.

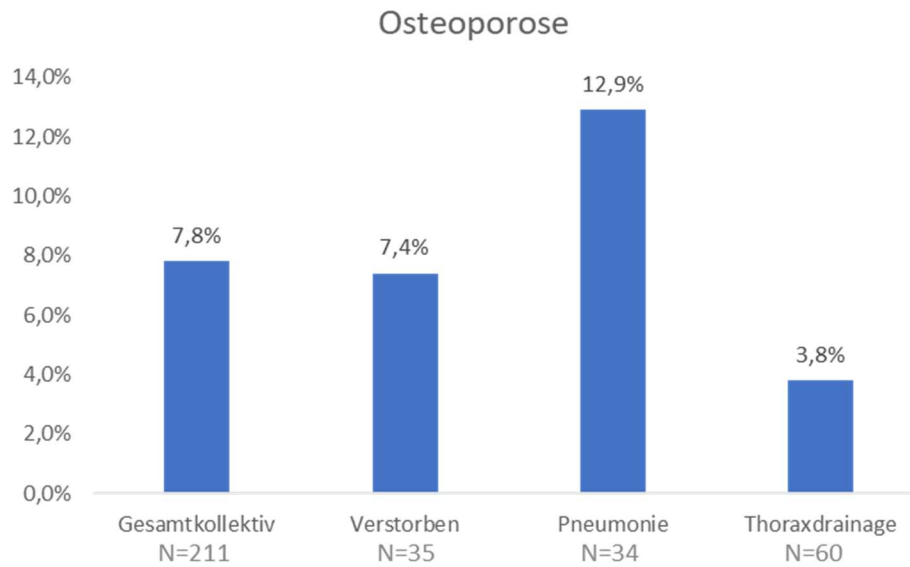


Abbildung 10 - Osteoporose im Vergleich

Einen Apoplex hatten in der Vergangenheit 12% der Patientinnen und Patienten aus dem Gesamtkollektiv (N=211) (siehe *Abbildung 11*). Bei jenen, die verstarben (N=35), war dies in 11,1% der Fälle dokumentiert. Von denen, die eine Pneumonie im Verlauf erlitten (N=34), betraf der stattgehabte Apoplex 13,3% der Fälle und bei der Thoraxdrainage (N=60) 7,8%. Hier zeigte sich jeweils kein signifikanter Zusammenhang.

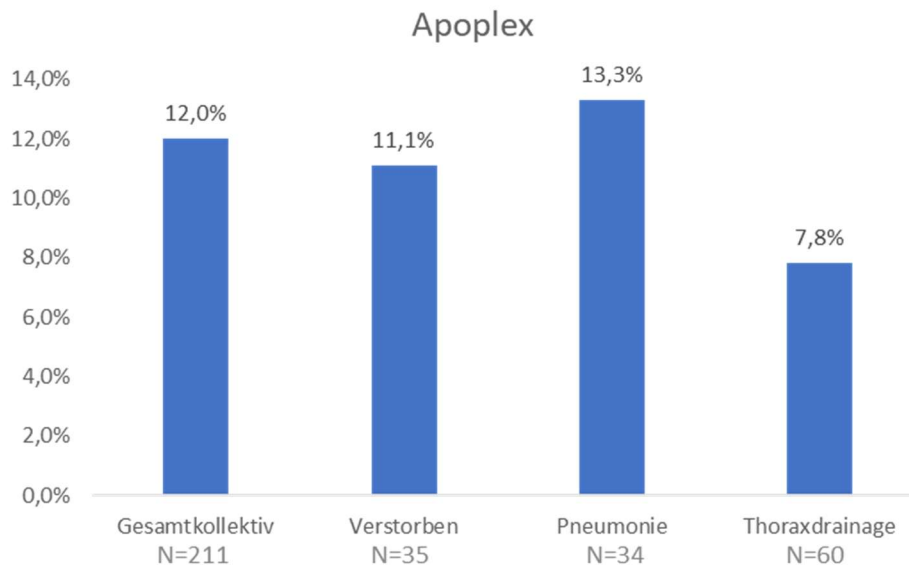


Abbildung 11 - Apoplex im Vergleich

Eine koronare Herzkrankheit (KHK) lag bei 17,8% der Patientinnen und Patienten im Gesamtkollektiv (N=211) vor (siehe *Abbildung 12*). Im Vergleich zu den Verstorbenen (N=35), bei welchen der Anteil mit KHK bei 37% lag, zeigte sich ein robuster Zusammenhang (OR 3,431; 95%-KI: 1,405-8,382; $p=,012$). In 23,3% der Fälle lag eine KHK bei Patientinnen und Patienten vor, die eine Pneumonie im Verlauf erlitten haben (N=34). Bei der Thoraxdrainage (N=60) betraf dies 25,5%. Signifikante Ergebnisse ergaben sich hier nicht.

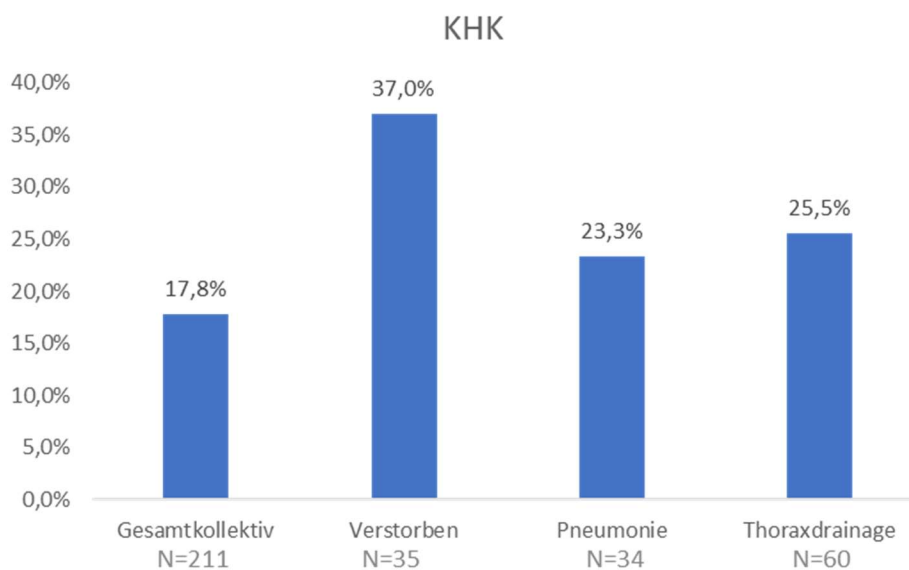


Abbildung 12 - Koronare Herzerkrankung im Vergleich

An einer Herzinsuffizienz litten insgesamt 19,5% der Patientinnen und Patienten im Gesamtkollektiv. Es zeigte sich im Hinblick auf die Verstorbenen (N=35) ein signifikanter Zusammenhang (OR 4,766; 95%-KI: 1,975-11,499; p=,012). Hier lag der Anteil der an einer Herzinsuffizienz erkrankten Patientinnen und Patienten bei 46,2%. In der Betrachtung der Pneumonien (N=34) betraf die Herzinsuffizienz 30%. 22% der Patientinnen und Patienten von denen, die eine Thoraxdrainage erhielten, litten ebenso an einer Herzinsuffizienz. Die Ergebnisse werden in *Abbildung 13* dargestellt. In der Gruppe der Pneumonien und Thoraxdrainage erwies sich die Herzinsuffizienz als kein Einflussfaktor.

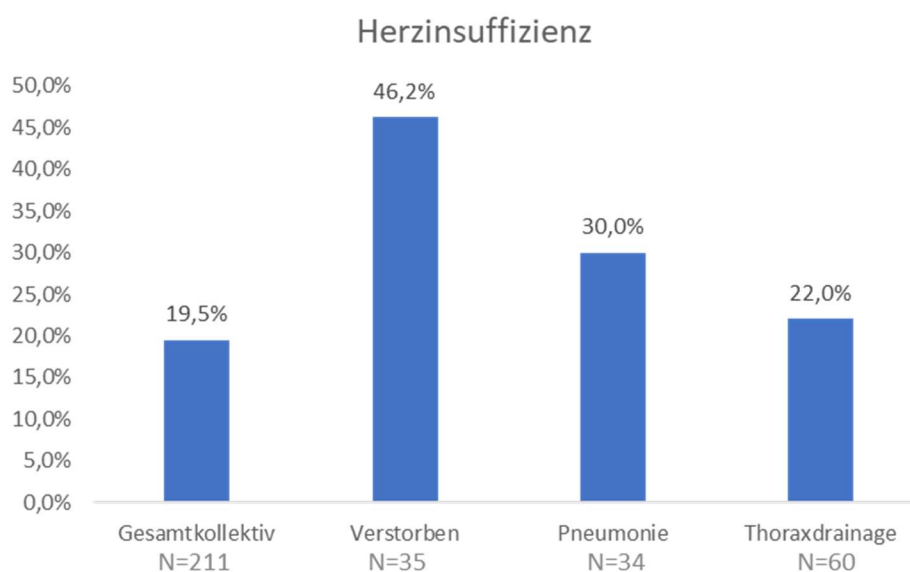


Abbildung 13 - Herzinsuffizienz im Vergleich

Im Gesamtkollektiv (N=211) lag der Anteil derer, bei denen ein Vorhofflimmern dokumentiert war, bei 16,3% (vgl. *Abbildung 14*). Bei den Verstorbenen (N=35) lag die Erkrankung in 21,7% der Fälle, bei den Pneumonien (N=34) in 21,4% Fälle und bei der Thoraxdrainage (N=60) in 19,1% der Fälle vor. Die Vergleiche wiesen jeweils keine signifikanten Ergebnisse auf.

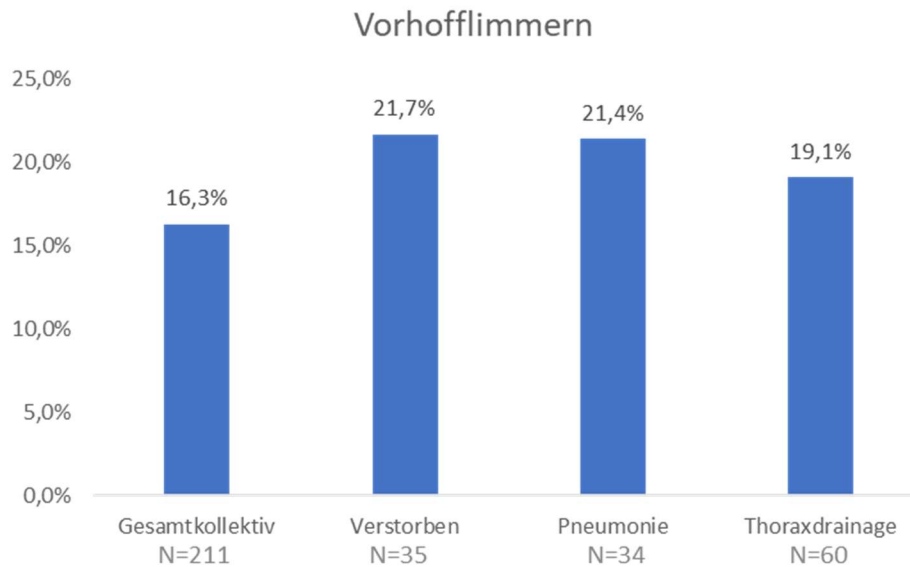


Abbildung 14 - Vorhofflimmern im Vergleich

5.1.4 Dauermedikation

Eine gerinnungshemmende Medikation nahmen 47,9% der Patientinnen und Patienten aus dem Gesamtkollektiv (N=211) ein. 60% der Verstorbenen (N=35) hatten in ihrer Dauermedikation einen gerinnungshemmenden Wirkstoff gelistet. Bei den Pneumonien (N=34) waren dies 64,5% und bei den Thoraxdrainagen (N=60) 60,8%.

In der Gruppe der Verstorbenen zeigte sich kein signifikantes Ergebnis im Vergleich ($p=,195$).

In dem Gruppenvergleich der Pneumonien im Verlauf ergab sich ein 2,2-fach erhöhtes Risiko für Patientinnen und Patienten, welche eine gerinnungshemmende Medikation substituierten (OR 2,247; 95%-KI: 1,011-4,995; $p=,043$). In der Gruppe für eine Thoraxdrainage zeigte sich ebenfalls ein signifikantes Ergebnis (OR 2,033; 95%-KI: 1,058-3,907; $p=,032$).

Weiterhin lag die Anzahl der eingenommenen Wirkstoffe in der Dauermedikation der Patientinnen und Patienten des Gesamtkollektivs im Median bei 4 (Min. 0, Max. 14) (siehe *Abbildung 15*). Die Verstorbenen hatten im Median 7 verschiedene Wirkstoffe gelistet (Min. 0, Max. 14). Patientinnen und Patienten, welche eine Pneumonie entwickelten, nahmen im Median 5 Medikamente ein (Min. 2, Max. 14). In den Fällen mit Thoraxdrainage betrug der Median eingenommener Wirkstoffe 4 (Min. 0, Max. 13).

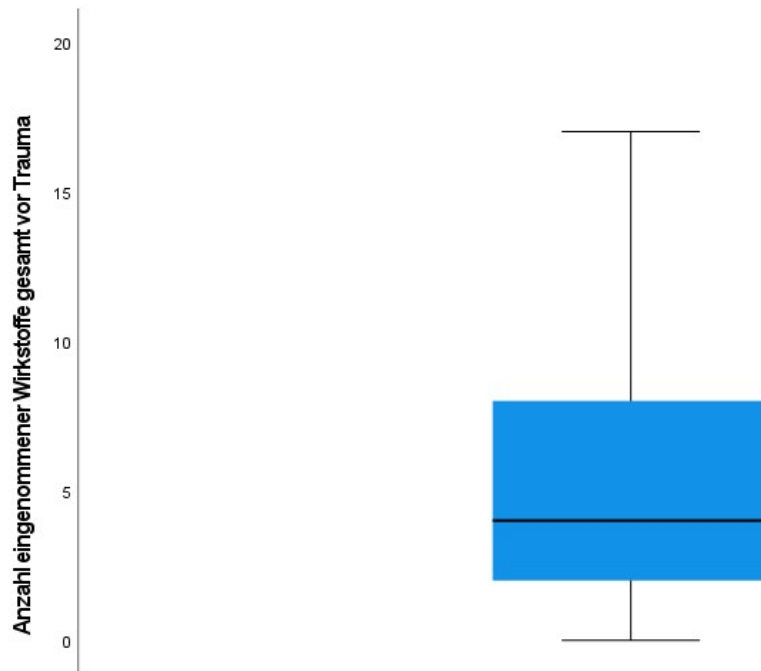


Abbildung 15 - Boxplot Anzahl eingenommener pharmazeutischer Wirkstoffe

Die Gruppe der verstorbenen Patientinnen und Patienten (M=6,9, SD=3,9) wiesen eine signifikant erhöhte Anzahl an pharmazeutischen Wirkstoffen in der Dauermedikation auf (p=,043).

Ebenso zeigte sich bei jenen Fällen mit Pneumonie im Verlauf (M=6,6, SD=3,6) ein Zusammenhang (p=,024).

In der Gruppe der Patientinnen und Patienten mit Thoraxdrainage (ja: M=5,2, SD=3,8) ließ sich kein Unterschied ableiten (p=,811).

Die ausführliche Deskription der in diesem Abschnitt vorgestellten Ergebnisse zeigt *Tabelle 10*.

	Alle [N= 211]	Verstorben [N=35]		Pneumonie [N=34]		Thoraxdrainage [N=60]	
Gerinnungs- hemmende Medikation	92 (47,9%)	15 (60%)	p= ,195	20 (64,5%)	p= ,043	31 (60,8%)	p= ,032
Anzahl eingenommener Wirkstoffe	Median 4 (Min. 0/ Max. 17)	Median 7 (Min. 0/ Max. 14)	p= ,043	Median 6 (Min. 2/ Max. 14)	p= ,024	Median 4 (Min. 0/ Max. 13)	p= ,811

Tabelle 10 - Tabelle der Medikation

5.1.5 Charlson Comorbidity Index

Im Median lag der Punktwert für den Charlson Comorbidity Index im Gesamtkollektiv (N=211) bei 4 (Min. 1, Max. 12) (siehe *Abbildung 16*). In der Gruppe der Verstorbenen lag der Index-Wert im Median bei 5 (Min. 2, Max. 12) und in der Gruppe der Pneumonien bei 5 (Min. 1, Max. 9). Bei der Anlage einer Thoraxdrainage betrug der Index-Wert im Median 4 Punkte (Min. 1, Max. 9).

Es zeigte sich in der Gruppe der Verstorbenen (M=5,4; SD=2,3) ein signifikant erhöhter CCI-Punktwert ($p=,004$).

Bezüglich der Fälle mit Pneumonie im Verlauf (M=4,9, SD=1,9) ergaben sich keine Unterschiede ($p=,101$).

Ähnlich sah es im Gruppenvergleich Thoraxdrainage (M=4,2, SD=1,85) aus. Auch hier zeigte sich kein signifikantes Ergebnis ($p=,442$).

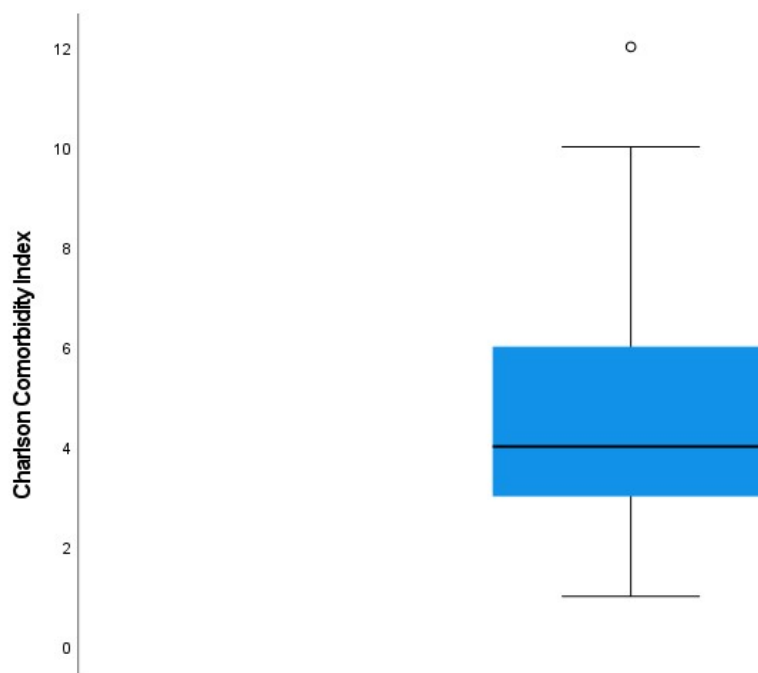


Abbildung 16 - Boxplot Charlson Comorbidity Index

5.1.6 ASA-PS-Classification

Der Anteil der Patientinnen und Patienten, welche ASA III und mehr klassifiziert wurden, lag bei 68,2% im Gesamtkollektiv (N=211). In 62,1% der Fälle lag eine ASA III Klassifizierung vor und in 6,2% wurden die Patientinnen und Patienten mit ASA IV eingestuft. 94,1% der verstorbenen Fälle waren ASA III oder mehr klassifiziert. 87,9% der Patientinnen und

Patienten mit einer Pneumonie im Verlauf (N=34) waren ASA III oder höher klassifiziert. Bei der Thoraxdrainage (N=60) betraf dies 79,7% der Fälle.

In der Gruppe der Verstorbenen zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der ASA-Klassifikation (I-II vs. III-V) und den Verstorbenen (OR 9,143; 95%-KI: 2,121-39,416; $p < ,001$). In den Gruppen Pneumonie im Verlauf (OR 3,909; 95%-KI: 1,314-11,626; $p = ,009$), sowie Thoraxdrainage (OR 2,180; 95%-KI: 1,066-4,461; $p = ,030$;) war die ASA-Klassifikation ebenfalls ein signifikanter Einflussfaktor. Die Ergebnisse werden in *Abbildung 17* gezeigt.

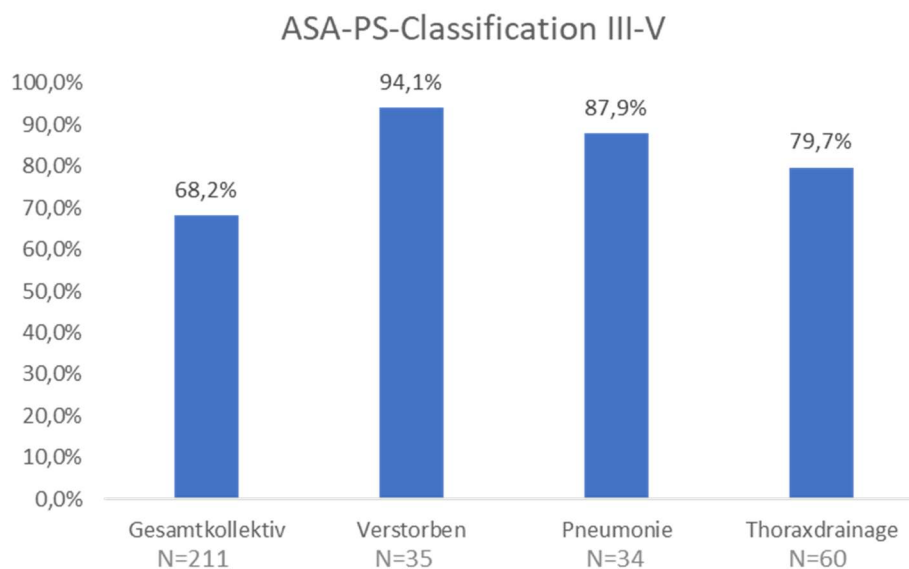


Abbildung 17 - ASA-PS-Classification im Vergleich

5.2 Trauma-assoziierte Verletzungen und Scores

5.2.1 ISS und AIS

Im Median lag der ISS im Gesamtkollektiv (N=211) bei 17 (Min. 1, Max. 75) (siehe *Abbildung 18*). In der Gruppe der Verstorbenen (N=35) lag der ISS im Median bei 59 (Min. 4, Max. 75). Der Median bei den Pneumonien im Verlauf (N=34) lag bei 17,5 (Min. 4, Max. 75) und bei der Anlage einer Thoraxdrainage (N=60) betrug dieser im Median 29,5 (Min. 4, Max. 75).

Verstorbene Patientinnen und Patienten (M=47,8, SD=28,4) hatten einen signifikant höheren ISS-Punktwert ($p < ,001$).

Patientinnen und Patienten, welche eine Pneumonie im Verlauf erlitten (M=27,4, SD=23), wiesen keinen höheren ISS-Punktwert auf ($p = ,241$).

In den Fällen, in welche eine Thoraxdrainage etabliert wurde ($M=37,6$, $SD=23,5$), zeigte sich ein signifikant erhöhter ISS-Score ($p=<,001$).

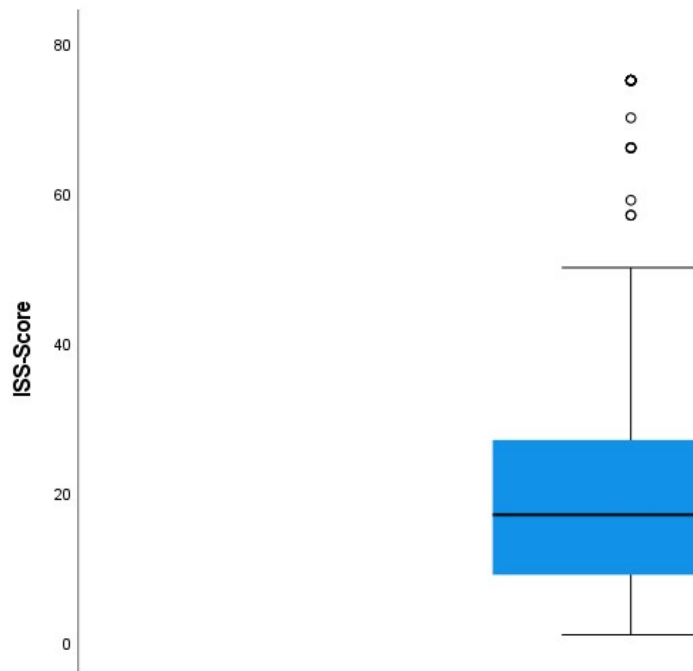


Abbildung 18 - Boxplot ISS

Bezüglich des AIS-Thorax wiesen 37,4% der Patientinnen und Patienten im Gesamtkollektiv ($N=211$) einen Punktwert von 3 auf. 31,8% der Patientinnen und Patienten wurden mit einem AIS-Thorax Punktwert ≥ 4 bewertet. Die genauen prozentualen Angaben werden in *Tabelle 11* zusammengefasst.

AIS-Thorax	Alle [N=211]	Verstorben [N=35]	Pneumonie [N=34]	Thoraxdrainage [N=60]
- 1	3 (1,4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
- 2	62 (29,4%)	3 (8,6%)	8 (23,5%)	3 (5%)
- 3	79 (37,4%)	8 (22,9%)	10 (29,4%)	12 (20%)
- 4	35 (16,6%)	8 (22,9%)	4 (11,8%)	19 (31,7%)
- 5	24 (11,4%)	8 (22,9%)	10 (29,4%)	19 (31,7%)
- 6	8 (3,8%)	8 (22,9%)	2 (5,9%)	7 (11,4%)

Tabelle 11 - AIS-Thorax im Gesamtkollektiv

Es zeigte sich außerdem, dass Patientinnen und Patienten ein höheres Risiko hatten zu versterben, wenn der AIS-Thorax mit einem Punktwert von 4, 5 oder 6 bewertet worden war (OR 6,748; 95%-KI: 3,056-14,901; $p < ,001$). Auch in der Gruppe der Pneumonien im Verlauf ließ sich dieser Zusammenhang feststellen (OR 2,196; 95%-KI: 1,040-4639; $p = ,036$). Es zeigte sich ebenso ein Zusammenhang in der Gruppe der Thoraxdrainage im Vergleich zu einem AIS-Thorax Punktwert von 4-6 (OR 17,591; 95%-KI: 8,403-36,826; $p < ,001$). Dargestellt ist dies in *Abbildung 19*.

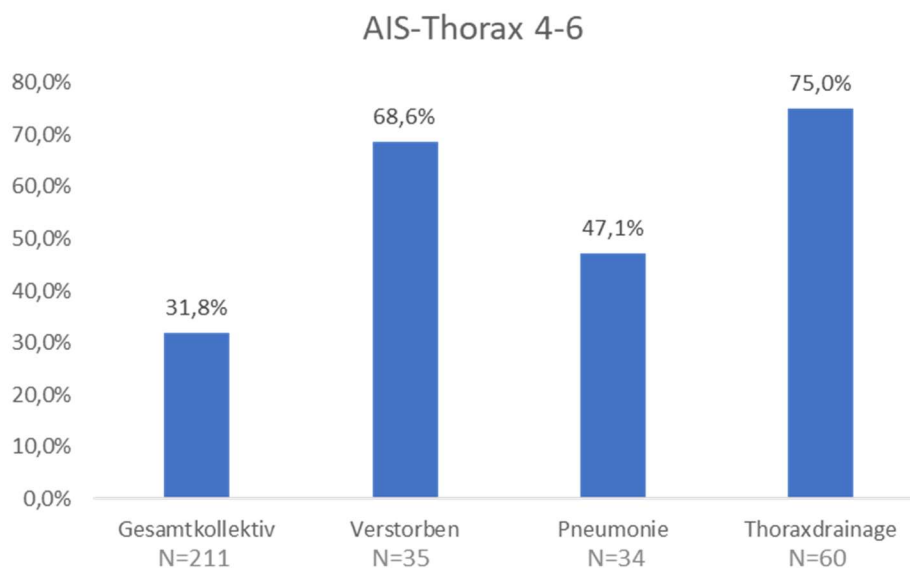


Abbildung 19 - AIS Thorax im Vergleich

5.2.2 Rippenfrakturen

Bei 93,8% der Patientinnen und Patienten lag die Fraktur mindestens einer Rippe vor. In der Gruppe der Verstorbenen (N=35) lag in 97,1% der Fälle die Fraktur mindestens einer Rippe vor, bei den Pneumonien (N=34) waren alle Patientinnen und Patienten von einer Rippenfraktur betroffen, ebenso wie bei der Anlage einer Thoraxdrainage (N=60).

Rippenserienfrakturen wiesen 9,5% der Patientinnen und Patienten im Gesamtkollektiv (N=211) auf. Bei den Verstorbenen (N=35) traf dies in 31,4% der Fälle zu, bei den Pneumonien (N=34) in 11,8% der Fälle und bei der Anlage einer Thoraxdrainage (N=60) in 18,3% der Fälle. Bei Patientinnen und Patienten mit Rippenserienfrakturen war das Risiko zu versterben um das 8,5-fache erhöht (OR 8,505; 95%-KI: 3,194-22,645; $p < ,001$), ein signifikanter Zusammenhang zeigte sich ebenso bei Fällen mit Rippenserienfraktur und der Anlage einer

Thoraxdrainage (OR 3,452; 95%-KI: 1,385-9,057; $p=,006$). Hinsichtlich der Pneumonie im Verlauf erwiesen sich die Rippenserienfrakturen als kein Einflussfaktor ($p=,538$).

Die erste Rippe war bei 12% der Patientinnen und Patienten im Gesamtkollektiv (N=211) frakturiert. In der Gruppe der Verstorbenen (N=35) betraf dies 17,6% der Fälle und in der Gruppe der Pneumonien im Verlauf (N=34) 11,8%. 23,7% der Patientinnen und Patienten mit Fraktur der ersten Rippe erhielten eine Thoraxdrainage. Bei der Fraktur der ersten Rippe und der Anlage einer Thoraxdrainage zeigte sich weiterhin ein signifikanter Zusammenhang (OR 3,903; 95%-KI: 1,654-9,209; $p=,001$). Die Frakturen der ersten Rippe verglichen mit Verstorbenen und der Pneumonie im Verlauf zeigten jeweils keinen Zusammenhang.

Die Ergebnisse sind zur Übersicht in *Tabelle 12* zusammengefasst.

	Alle [N=211]	Verstorbenen [N=35]		Pneumonie [N=34]		Thoraxdrainage [N=60]	
Rippenserienfraktur	20 (9,5%)	11 (31,4%)	$p=$ <,001	4 (11,8%)	$p=$,538	11 (18,3%)	$p=$,006
Fraktur der ersten Rippe	25 (12%)	6 (17,6%)	$p=$,259	4 (11,8%)	$p=$ 1,0	14 (23,7%)	$p=$,001

Tabelle 12 - Tabelle Rippenfrakturen

5.2.3 Pneumothorax, Hämatothorax und Lungenkontusion

In 25,1% der Fälle wurde im Gesamtkollektiv (N=211) ein Pneumothorax diagnostiziert. Dies betraf 42,9% der Verstorbenen und 26,5% von jenen, die eine Pneumonie im Verlauf (N=34) entwickelten. Außerdem lag bei 76,7% der Patientinnen und Patienten, welche eine Thoraxdrainage (N=60) erhielten, ein Pneumothorax vor. Das Risiko zu versterben war bei Patientinnen und Patienten mit Pneumothorax signifikant erhöht (OR 2,724; 95%-KI: 1,274-5,822; $p=,008$). Ebenso zeigte sich eine um das 68-fache erhöhte Wahrscheinlichkeit für die Anlage einer Thoraxdrainage (OR 67,592; 95%-KI: 25,723-177,610; $p=<,001$) beim Vorliegen eines Pneumothorax. Der Pneumothorax war hinsichtlich der Pneumonie im Verlauf kein Einflussfaktor ($p=,843$).

Von einem Hämatothorax waren insgesamt 13,4% der Patientinnen und Patienten des Gesamtkollektivs (N=211) betroffen. Bei 29,4% der Verstorbenen (N=35) lag ein Hämatothorax vor. In der Gruppe der Pneumonien im Verlauf (N=34) litten 11,8% unter einem Hämatothorax. Von den Patientinnen und Patienten mit Anlage einer Thoraxdrainagen (N=60) war in 42,4% ein Hämatothorax diagnostiziert. Patientinnen und Patienten mit Hämatothorax hatten eine um den Faktor 3,6 erhöhte Wahrscheinlichkeit zu versterben (OR 3,634; 95%-KI:

1,501-8,800; $p = ,006$). Ebenso zeigte sich dieser bei Patientinnen und Patienten mit Anlage einer Thoraxdrainage (OR 36,029; 95%-KI: 10,278-126,297; $p = <,001$) als ein Einflussfaktor. Kein Zusammenhang konnte im Vergleich mit der Pneumonie im Verlauf hergestellt werden ($p = 1,0$).

Insgesamt wiesen 29,4% der Patientinnen und Patienten aus dem Gesamtkollektiv (N=211) eine Lungenkontusion auf. In 44,8% der Verstorbenen (N=35) lag eine vor. Ebenso waren 42,4% der Patientinnen und Patienten, welche eine Pneumonie im Verlauf (N=34) erlitten, von einer Lungenkontusion betroffen. In der Betrachtung der Thoraxdrainage (N=60) betraf dies 65,5% der Patientinnen und Patienten.

Fälle mit Lungenkontusion hatten ein erhöhtes Risiko zu versterben (OR 2,226; 95%-KI: ,994-4,983 $p = ,048$) und ebenso für die Anlage einer Thoraxdrainage (OR 10,133; 95%-KI 4,971-20,654 $p = <,001$). In Bezug auf die Pneumonie im Verlauf zeigte sich kein signifikantes Ergebnis ($p = ,071$).

5.3 Diagnostik und Therapie

5.3.1 Polytrauma-Computertomographie

In 131 Fällen wurde eine Polytrauma-Computertomographie (CT) im Gesamtkollektiv durchgeführt. Die ausführlichen Ergebnisse hierzu sind in *Tabelle 13* dargestellt.

Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang in den jeweiligen Gruppen bezüglich der Durchführung einer Polytrauma-CT.

	Alle [N=211]	Verstorben [N=35]	Pneumonie [N=34]	Thoraxdrainage [N=60]
Polytrauma-CT	131 (63,6%)	21 (60%) $p = ,628$	16 (50%) $p = ,082$	42 (72,4%) $p = ,100$

Tabelle 13 - Polytrauma-CT im Vergleich

5.3.2 Operationen und Interventionen

In insgesamt 37% der Fälle im Gesamtkollektiv (N=211) war eine Operation fachbereichsunabhängig notwendig. Die übrigen Ergebnisse zeigt *Tabelle 14*. Ein signifikanter Zusammenhang zeigte sich bei Patientinnen und Patienten mit Thoraxdrainage (OR 2,596; 95%-KI: 1,394-4,834; $p = ,002$;). In den übrigen Vergleichen (Verstorben; $p = ,628$ und Pneumonie im Verlauf; $p = ,646$) ergaben sich keine Signifikanzen.

Die Anzahl der Operationen war bei verstorbenen Patientinnen und Patienten ($M=,33$, $SD=,5$) signifikant geringer ($OR ,400$; 95%-KI: $,312$ -, 961 ; $p<,001$). Es zeigte sich keine Signifikanz bei Patientinnen und Patienten mit Thoraxdrainage ($M=,95$, $SD=1,4$) bezüglich der Anzahl der Operationen ($p=,208$). Dies ließ sich in der Gruppe Pneumonie im Verlauf ebenso nicht nachweisen ($p=,233$).

Aufgrund der geringen Fallzahl von VATS ($N=3$), sowie Thorakotomie ($N=4$) werden diese nur deskriptiv beschrieben (vgl. *Tabelle 14*) und in der univariaten Analyse nicht betrachtet.

	Alle [N=211]	Verstorben [N=35]		Pneumonie [N=34]		Thoraxdrainage [N=60]	
Operation gesamt	77 (37%)	11 (33,3%)	$p=$ $,633$	13 (40,6%)	$p=$ $,646$	31 (53,4%)	$p=$,002
davon							
- VATS	3 (3,9%)	0	<i>entfällt</i>	1 (7,7%)	<i>entfällt</i>	3 (42,9%)	<i>entfällt</i>
- Thorakotomie	4 (5,2%)	2 (18,2%)		2 (15,4%)		4 (57,1%)	
- andere	70 (90,9%)	9 (81,8%)		10 (76,9%)		24 (77,4%)	
Anzahl der Operationen insgesamt	Median 1 (Min. 1/ Max. 8)	Median 1 (Min. 1/ Max. 1)	$p=$ <,001	Median 1 (Min. 1/ Max. 5)	$p=$ $,233$	Median 1 (Min. 1/ Max. 6)	$p=$ $,208$

Tabelle 14 - Operationen und Interventionen im Vergleich

5.3.3 Antibiotische Therapie

Insgesamt wurden 37,9% der Patientinnen und Patienten aus dem Gesamtkollektiv antibiotisch behandelt. Dies betraf über die Hälfte der Verstorbenen ($N=35$) (51,6%) und knapp 90,9% derer, die eine Pneumonie im Verlauf ($N=34$) erlitten. Von jenen, die eine Thoraxdrainage ($N=60$) hatten, betraf dies 50,9% der Patientinnen und Patienten.

Das Risiko antibiotisch behandelt zu werden, war bei Patientinnen und Patienten mit Pneumonie im Verlauf deutlich erhöht ($OR 28,205$; 95%-KI: $8,148$ - $97,637$; $p<,001$). Auch zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Anlage einer Thoraxdrainage und der Gabe einer antibiotischen Therapie ($OR 2,175$; 95%-KI: $1,140$ - $4,152$; $p=,017$). Es ergaben sich keine Unterschiede bei den Verstorbenen bezüglich einer antibiotischen Therapie ($p=,084$).

5.3.4 Nicht-invasive Beatmung

55,3% der Patientinnen und Patienten des Gesamtkollektivs (N=211) kam eine Behandlung mit Nicht-invasiver Beatmung zu. Von denen verstarben 31,3%. Patientinnen und Patienten, welche an einer Pneumonie erkrankten (N=34), wurden in 78,1% der Fälle mit NIV-Therapie behandelt. Der Anteil bei jenen, die eine Thoraxdrainage erhielten (N=60), lag bei 71,4%. Bei Erhalt einer NIV-Therapie in Form einer nicht-invasiven Beatmung war das Risiko zu versterben geringer (OR ,305; 95%-KI: ,136-,684; $p=,003$). Signifikante Zusammenhänge zeigten sich bezüglich der NIV-Therapie ebenso bei Patientinnen und Patienten, welche eine Pneumonie im Verlauf erlitten bzw. eine Thoraxdrainage erhielten. Die Ergebnisse sind in *Abbildung 20* dargestellt.

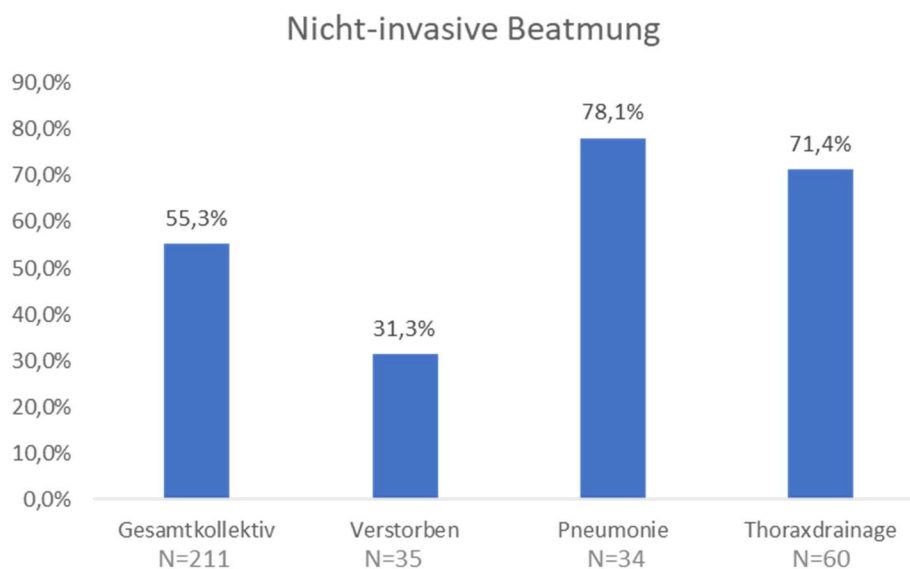


Abbildung 20 - Nicht-invasive Beatmung im Vergleich

Patientinnen und Patienten wurden im Median 50 Stunden beatmet (Min. 1, Max. 529). Illustriert wird dies in *Abbildung 21*. Bei den verstorbenen Patientinnen und Patienten lag die Beatmungsdauer im Median bei 73,5 Stunden (Min. 2, Max. 360). Bei den Patientinnen und Patienten, die an einer Pneumonie im Verlauf erkrankten (N=34), lag die mediane invasive Beatmungsdauer bei 111 Stunden (Min. 2, Max. 529). Die Beatmungsdauer bei jenen, mit Anlage einer Thoraxdrainage (N=60) betrug im Median 84,5 Stunden (Min. 1, Max. 395).

Die Beatmungsdauer erwies sich jeweils bei den Verstorbenen ($p=,007$), der Pneumonie im Verlauf ($p=,001$), sowie der Anlage einer Thoraxdrainage ($p=<,001$) als ein Einflussfaktor.

Patientinnen und Patienten, welche verstarben ($M=77,2$, $SD\ 98,7$) wurden länger invasiv beatmet ($p=,007$). Die Dauer der invasiven Beatmung zeigte in der Gruppe Pneumonie im Verlauf ($M=105,3$; $SD=145,6$) einen signifikanten Zusammenhang ($p=,001$). Auch Patientinnen und Patienten, welche eine Thoraxdrainage erhielten ($M=79,2$, $SD\ 120,8$), wiesen eine längere Beatmungsdauer ($M= 7,9$, $SD\ 47,8$) auf ($p=<,001$).

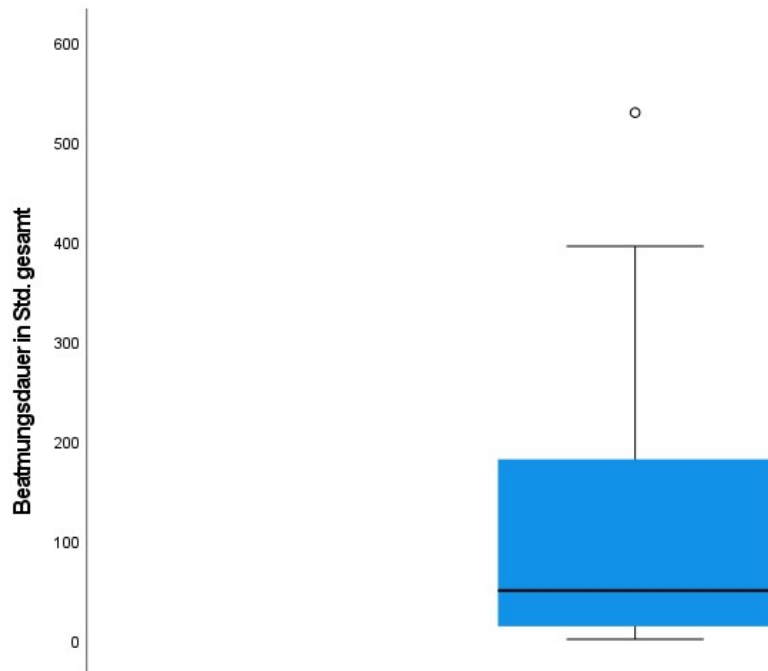


Abbildung 21 - Boxplot invasive Beatmungsdauer

28,2% der Patientinnen und Patienten aus dem Gesamtkollektiv ($N=211$) erhielten eine invasive Beatmungstherapie. Bei den Verstorbenen ($N=35$) betraf dies 79,4% der Fälle und bei den Pneumonien im Verlauf ($N=34$) 63,6% der Fälle. 64,3% der Patientinnen und Patienten, die eine Thoraxdrainage hatten ($N=60$), wurden auch invasiv beatmet.

Es zeigte sich, dass bei Erhalt der invasiven Beatmung, die Patientinnen und Patienten ein erhöhtes Risiko hatten zu versterben ($OR\ 17,956$; 95%-KI: 7,134-45,192; $p=<,001$). Ebenso zeigte sich im Gruppenvergleich, dass Fälle mit einer Pneumonie im Verlauf mit einer höheren Wahrscheinlichkeit auch invasiv beatmet wurden ($OR\ 6,500$; 95%-KI: 2,916-14,487; $p=<,001$). Ein ähnlich signifikantes Ergebnis zeigte sich im Vergleich mit der Anlage einer Thoraxdrainage ($OR\ 10,980$; 95%-KI: 5,330-22,619; $p=<,001$) (vgl. hierzu *Abbildung 22*).

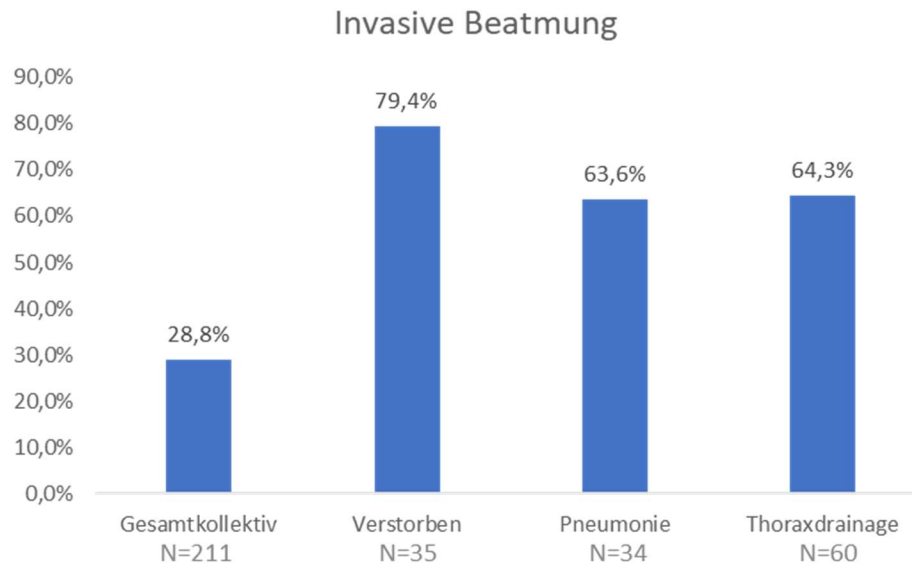


Abbildung 22 - Invasive Beatmung im Vergleich

5.3.5 Liegedauer

Die Krankenhausliegedauer des Gesamtkollektivs (N=211) betrug im Median 9 Tage (Min. 0, Max. 52). Auf der Intensivstation betrug die Liegedauer im Median einen Tag (Min. 0, Max. 18). Dargestellt ist dies in *Abbildung 23*.

Verstorbene Patientinnen und Patienten (N=35) lagen im Median 6 Tage im Krankenhaus (Min. 0, Max. 29) und 2 Tage auf der Intensivstation (Min. 0, Max. 18). In den Fällen mit Pneumonie im Verlauf (N=34) betrug die Liegedauer (gesamt) 13,5 Tage (Min. 0, Max. 52) und auf der Intensivstation im Median 8 Tage (Min. 0, Max. 34). Bei den Thoraxdrainage (N=60) lag die mediane Liegedauer (gesamt) bei 10,5 Tagen (Min. 10,5, Max. 43) und die mediane Liegedauer auf der Intensivstation bei 4 Tagen (Min. 0, Max. 28).

Für die Liegedauer insgesamt zeigten sich in den Gruppen Verstorben, Pneumonie im Verlauf und Thoraxdrainage jeweils signifikante Ergebnisse. Bei denjenigen, die verstarben ($M=7,5$, $SD=7,6$) zeigte sich, dass die insgesamt Aufenthaltsdauer im Krankenhaus signifikant kürzer war ($p=,028$). Verstorbene ($M= 4,8$; $SD=5,2$) lagen jedoch länger auf der Intensivstation ($p=,027$).

Patientinnen und Patienten mit Pneumonie im Verlauf ($M=18,6$, $SD=12,1$) hatten eine längere Liegedauer ($p<,001$). Dies zeigte sich auch bezüglich des Aufenthalts in Tagen auf der Intensivstation. Fälle mit Pneumonie ($M= 8,9$; $SD=8,8$) lagen deutlich länger auf der Intensivstation ($p<,001$).

Fälle mit Thoraxdrainage (M=13,9, SD=11,1) wiesen eine längere Liegedauer insgesamt auf ($p=,004$). Dies zeigte sich auch im Vergleich der Thoraxdrainage (M=6,8, SD=7,1) und der Liegedauer auf der Intensivstation ($p<,001$).

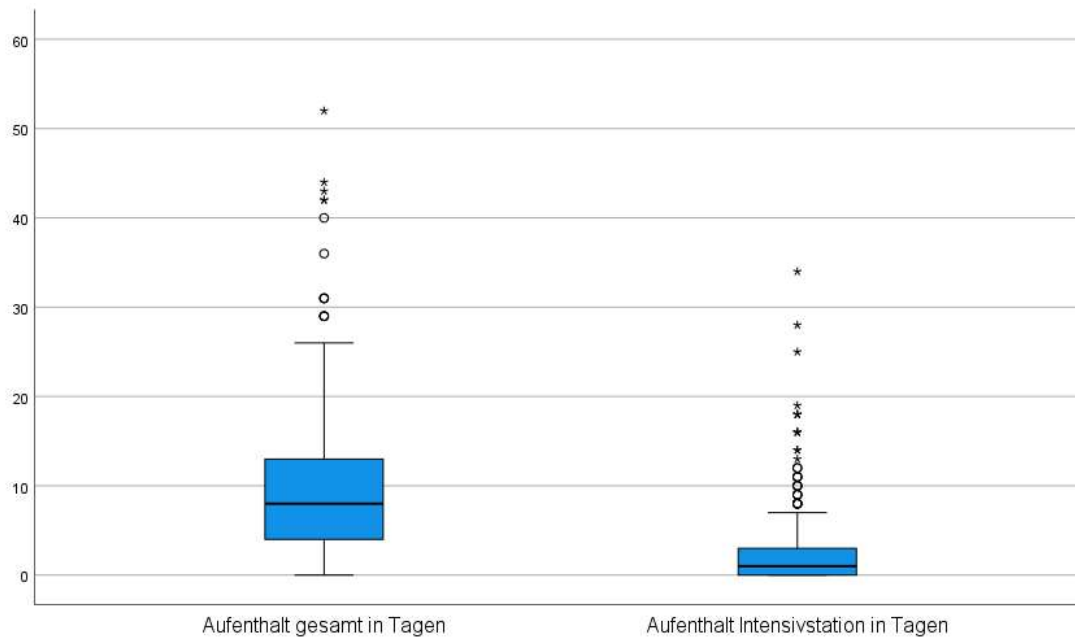


Abbildung 23 - Boxplot Aufenthalt in Tagen gesamt und auf der Intensivstation

5.4 Komplikationen

5.4.1 Verstorben

Im Gesamtkollektiv (N=211) verstarben 16,6%. In den Fällen, in denen eine Pneumonie im Verlauf (N=34) diagnostiziert wurde, verstarben 38,2%. Es verstarben 31,7% von denen, die eine Thoraxdrainage (N=60) erhielten.

Patientinnen und Patienten, welche eine Pneumonie im Verlauf erlitten, hatten ein signifikant höheres Risiko zu versterben (OR 4,361; 95%-KI: 1,915-9,935; $p<,001$). Es zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied bei Fällen mit Thoraxdrainage gegenüber jenen, welche keine hatten (OR 3,910; 95%-KI: 1,845-8,288; $p<,001$) (vgl. hierzu *Abbildung 24*).

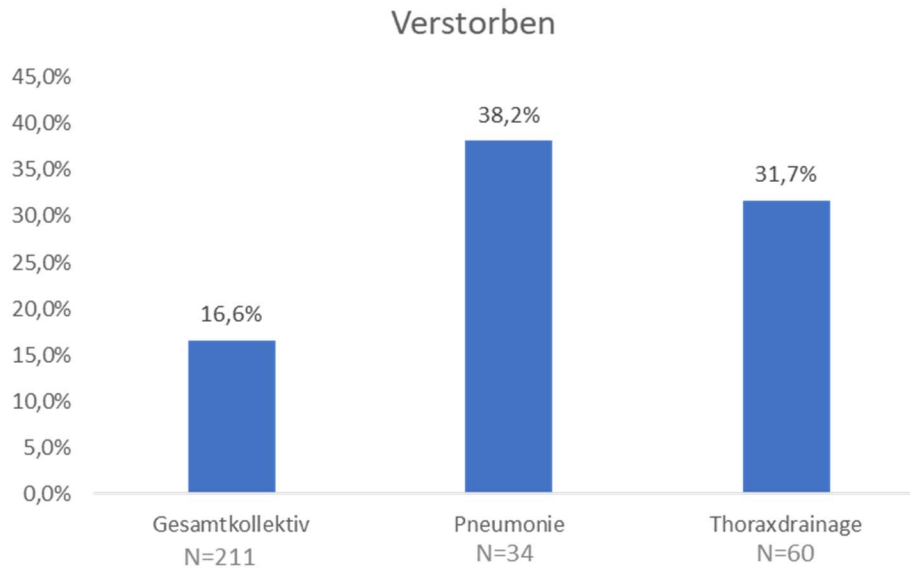


Abbildung 24 - Verstorben im Vergleich

5.4.2 Pneumonie im Verlauf

Im Gesamtkollektiv entwickelten 16,1% der Patientinnen und Patienten eine Pneumonie im Verlauf. Der Anteil derer, die eine Thoraxdrainage erhielten und eine Pneumonie entwickelten lag bei 25%. Patientinnen und Patienten mit einer Thoraxdrainage hatten eine höhere Wahrscheinlichkeit eine Pneumonie im Verlauf zu erleiden (OR 2,316/ 95%-KI 1,086-4,936; $p = ,027$). Dargestellt sind die Ergebnisse in *Abbildung 25*.

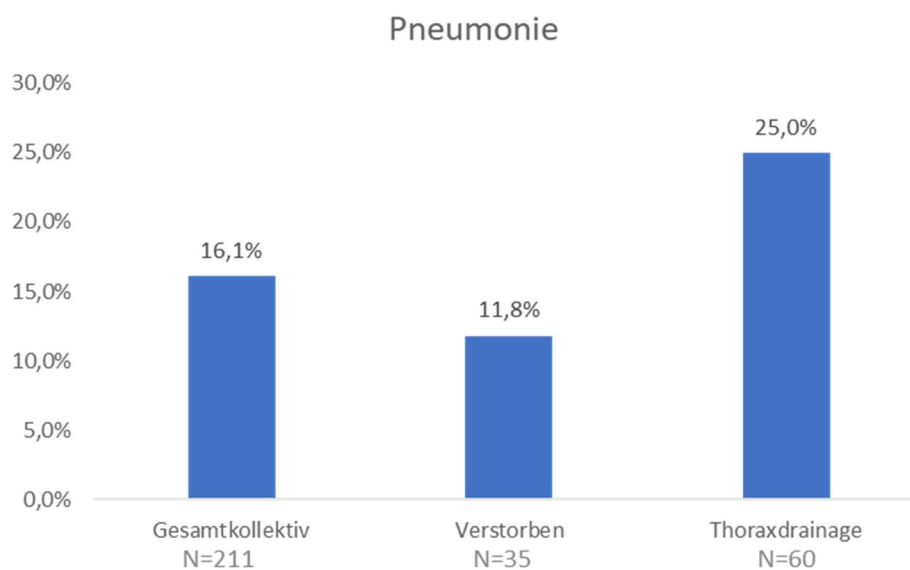


Abbildung 25 - Pneumonie im Verlauf im Vergleich

5.4.3 Acute Respiratory Distress Syndrome

Ein ARDS entwickelten von den 211 Patientinnen und Patienten 2,4%. Vier von diesen verstarben, was einen Anteil von 11,8% der Verstorbenen insgesamt ausmacht. In 11,8% der Fälle lag ebenso eine Pneumonie im Verlauf vor. 5,2% der Patientinnen und Patienten mit ARDS hatten eine Thoraxdrainage. Insgesamt war die Fallzahl für Gruppenvergleiche zu gering, sodass hier nur die Deskription berücksichtigt wird.

5.5 Ergebnisse der binären logistischen Regressionsanalyse

Variablen	Mortalität	
	N= 147	R ² = ,594
	OR (95%-KI)	p-Wert
Pneumonie im Verlauf	15,935 (2,517-100,880)	,003
Herzinsuffizienz	6,392 (1,287-31,759)	,023
Charlson Comorbidity Index pro Punkt	1,979 (1,209-3,237)	,007
ISS-Score pro Punkt	1,085 (1,037-1,136)	<,001
Alter bei Aufnahme, Unfallmechanismus, Pulmonale Vorerkrankungen, KHK, arterielle Hypertonie, Niereninsuffizienz, Anzahl der Wirkstoffe, ASA-PS-Classification III-V, AIS-Thorax 4-6, Rippenserienfraktur, Pneumothorax, Hämatothorax, Lungenkontusion, Anzahl der Operationen, Thoraxdrainage, NIV, invasive Beatmung, Beatmungsdauer, Liegedauer gesamt, Liegedauer ITS, Pneumonie im Verlauf, ARDS		

Tabelle 15 - Multivariate Analyse "Verstorben"

Da das Schädel-Hirn-Trauma bei polytraumatisierten Patientinnen und Patienten als eine der wichtigsten Todesursachen gilt, wurde die Analyse unter Einschluss der Schädelhirntraumata ebenfalls gerechnet, um etwaige Einflüsse auszuschließen. Hierbei ergaben sich keine wesentlichen Änderungen der Ergebnisse.

Da auch reanimationsbedingte Thoraxtraumata eingeschlossen wurden, wurden diese ebenso herausgerechnet. Hierbei zeigte sich, dass die Herzinsuffizienz nicht mehr signifikant war, die übrigen Parameter jedoch - im Wesentlichen unverändert – signifikant blieben.

Variablen	Pneumonie im Verlauf	
	N= 155	R ² = ,527
	OR (95%-KI)	p-Wert
AIS-Thorax 4-6	10,346 (1,264-84,659)	,029
Pulmonale Vorerkrankungen	3,769 (1,087-13,075)	,037
Alter bei Aufnahme pro Jahr	1,115 (1,039-1,197)	,002
Aufenthalt Intensivstation in Tagen pro Tag	1,476 (1,226-1,777)	<,001
Antikoagulation, Anzahl der Wirkstoffe, ASA-PS-Classification, Thoraxdrainage, invasive Beatmung, Beatmungsdauer, Liegedauer gesamt, ARDS		

Tabelle 16 - Multivariate Analyse "Pneumonie im Verlauf"

Variablen	Thoraxdrainage	
	N= 184	R ² = ,785
	OR (95%-KI)	p-Wert
Hämatothorax	57,425 (5,050-652,957)	,001
Pneumothorax	30,412 (7,335-126,098)	<,001
Lungenkontusion	11,839 (2,772-50,558)	<,001
ASA-PS-Clasification III-V	5,674 (1,090-29,548)	,039
AIS-Thorax 4-6	5,297 (1,358-20,658)	,016
Alter bei Aufnahme, Rippenserienfraktur, Rippenfraktur, Fraktur der ersten Rippe, ISS		

Tabelle 17 - Multivariate Analyse "Thoraxdrainage"

6 Diskussion

In der vorliegenden Dissertationsschrift wurde ein retrospektiver Ansatz verfolgt, um prädiktive Faktoren für das Thoraxtrauma der Älteren zu identifizieren. In den 211 eingeschlossenen Fällen, welche ein Thoraxtrauma erlitten haben, wurden insgesamt 35 Parameter erhoben und in Bezug auf die Variablen „Verstorben“, „Pneumonie im Verlauf“, sowie „Thoraxdrainage“ verglichen. Anschließend wurde in Gruppenanalysen überprüft, ob und welche der erhobenen Parameter einen signifikanten Einfluss auf die Mortalität bei Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma im Alter haben könnten. Dies erfolgte zunächst univariat und anschließend multivariat mithilfe der binären logistischen Regressionsanalyse mit den jeweils in den Gruppenvergleichen signifikanten Ergebnissen. In diesen zeigte sich, dass insbesondere das Entwickeln einer Pneumonie im Verlauf, aber auch der CCI und eine vorbestehende Herzinsuffizienz einen signifikanten Einfluss auf die Mortalität hatten. Für das Entwickeln einer Pneumonie im Verlauf erwiesen sich, neben dem AIS-Thorax, sowohl das Alter, als auch die Liegedauer in Tagen auf der Intensivstation als einflussreich. Die Anlage einer Thoraxdrainage spielte bei Vorliegen eines Hämatothorax, Pneumothorax, Lungenkontusion und einem AIS-Thorax ≥ 4 eine Rolle.

In der Diskussion werden nachfolgend die im Ergebnisteil dargestellten Ergebnisse in Beziehung zu den aktuellen Erkenntnissen der Wissenschaft gesetzt und kritisch bewertet. In einem separaten Abschnitt wird auf die Limitationen dieser Arbeit eingegangen, um abschließend einen Ausblick zu erlauben.

6.1 Mortalität

In den meisten Studien zeigt sich in Bezug auf das Thoraxtrauma bzw. Rippenfrakturen eine in der älteren Population erhöhte Mortalität (21, 99, 100). Die Älteren wurden in diesen Studien mit 65 Jahren und älter festgelegt (21, 99, 100) und haben die Altersgrenze damit etwas höher fixiert als jene der vorliegenden Untersuchung. Es gibt jedoch auch Studien, welche ihren Cut in Bezug auf das Alter zwischen 50 und 60 festgelegt haben (13, 101).

Die Mortalitätsrate variiert zwischen 10-15,5% in den meisten Studien, die Rippenfrakturen oder Thoraxtraumata im Allgemeinen alters(un-)abhängig untersuchten (21, 99-103) (vgl. *Tabelle 18*). Mit 16,6% liegt die Mortalitätsrate in der vorliegenden Arbeit etwas höher. Ein Grund hierfür kann das Einschließen von reanimationsbedingten Thoraxtraumata sein, welche in anderen Studien explizit ausgeschlossen wurden (21). Die Überlebenswahrscheinlichkeit nach Reanimation ist bekanntermaßen in der Kurzzeit- aber auch Langzeitprognose gering (104). 7,1% der Patientinnen und Patienten in der vorliegenden Studie sind reanimiert worden.

Von diesen verstarben 7. Dies entspricht 20% der Verstorbenen. Der Anteil der Verstorbenen, sofern die reanimationsbedingten Thoraxtraumata ausgeschlossen werden, liegt bei 14,3%. In der multivariaten Analyse ergaben sich inklusive und exklusive der Verstorbenen, welche reanimiert wurden, nur bezüglich der Herzinsuffizienz Unterschiede. Sofern die reanimationsbedingten Thoraxtraumata ausgeschlossen wurden, war die Variable Herzinsuffizienz nicht mehr signifikant in der multivariaten Regressionsanalyse.

In einer weiteren Studie, welche den ISS ebenso unbegrenzt einschloss, wie in der vorliegenden, lag die allgemeine Sterblichkeit bei ebenfalls 16,6% (105). In einer ähnlich angelegten Studie, welche Thoraxtraumata untersuchte, jedoch das Alter nicht begrenzte, lag die Sterblichkeit sogar bei 18,7% (106). Auch hier waren schwer verletzte Patientinnen und Patienten eingeschlossen (106).

Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangslagen und Untersuchungsparameter erscheint somit ein unmittelbarer Vergleich erschwert.

In den aktuelleren Studien, welche u.a. die Risikofaktoren bei einem Thoraxtrauma untersuchten, wurden Mortalitätsraten zwischen 1% und 4% angegeben (13, 107). Die mutmaßliche Ursache der großen Varianz der Mortalitätsraten liegt wohl insbesondere bei den Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien der Patientinnen und Patienten. So wurden in der Studie von Elgar et al. nur jene berücksichtigt, welche in der Hauptdiagnose ein Thoraxtrauma verschlüsselt hatten (ICD-9 code 959.11) (107). Harrington et al. schloss alle Patientinnen und Patienten mit einem ISS-Score über 20, einem AIS-Punktwert über 3 in jedem anderen Bereich als der Thorax, sowie penetrierende Thoraxverletzungen aus (13). Verglichen mit der vorliegenden Studie, welche das Thoraxtrauma in Haupt- und/ oder Nebendiagnose inkludierte, waren Patientinnen und Patienten eingeschlossen, welche sich schwerere Verletzungen, auch in anderen Körperregionen als der Thorax, zugezogen haben und auch jene mit einem höheren ISS Punktwert als 20. Das Alter, Herzinsuffizienz und auch die Intubation hatten bei Harrington et al. einen Einfluss auf die Mortalität (13). Elgar et al. zeigten auf, dass Komorbiditäten, wie z.B. Vorerkrankungen der Leber oder Lunge, die wichtigsten Risikofaktoren für das Versterben von Patientinnen und Patienten war (107). Ebenso spielte die Krankenhausaufenthaltsdauer eine wichtige Rolle: jeder zusätzliche Behandlungstag steigerte das Risiko zu versterben um 9% (107). Das Entwickeln einer Pneumonie war bei Bergeron et al. ein unabhängiger Prädiktor für spätes Versterben (21).

Diskutabel ist das Einschließen auch schwerer Schädel-Hirn-Traumata in der vorliegenden Studie. Es ist bekannt, dass diese in Bezug auf Schwerverletzte eine der Hauptursachen für das Versterben sind (2). Diesbezüglich wurde in der vorliegenden Arbeit der Anteil der Schädel-Hirn-Traumata gesondert untersucht. Hierbei kam heraus, dass die Variable „AIS-Kopf“ zwar signifikant mit der Mortalität in Verbindung gebracht werden konnte. In der multiplen

Regressionsanalyse jedoch konnte dies nicht reproduziert werden. Hier zeigten sich in den Ergebnissen keine wesentlichen Änderungen, sodass der Einfluss diesbezüglich zumindest in der vorliegenden Arbeit nicht eindeutig zugeordnet werden kann. *Tabelle 18* zeigt tabellarisch einen Vergleich ausgewählter Studien.

Autor	Jahr	N=x	Design	Alter (Jahren)	Mortalitätsrate (%)	Pneumonie
Poole et al. (102)	1981	168	retrospektiv	20 Monate – 88 Jahre	11,9%	/
Shorr et al. (99)	1989	515 (davon 46 > 65 Jahre)	prospektiv	65-86 Jahre	13,4 % (37% >65 Jahre)	/
Ziegler et al. (103)	1994	711	retrospektiv	6 Monate – 99 Jahre	12%	/
Bulger et al. (100)	2000	464 (davon 277 > 65 Jahre)	retrospektiv	18-64 vs. >65 Jahre	10% (< 65 Jahre) vs. 22% (>65 Jahre)	31% (>65 Jahre) vs. 17% (<65 Jahre)
Segers P. et al. (105)	2001	187	retrospektiv	/	16,6%	38%
Bergeron et al. (21)	2003	405	prospektiv	<65 vs. >65 Jahre (6-93 Jahre)	12,1% (18,6% >65 Jahre)	34,2% (>65 Jahre) vs. 10,7% (<65 Jahre)
Veysi et al. (106)	2009	1164	prospektiv	Median 37 (16-100) Jahre	18,7%	(19 Fälle)
Harrington et al. (13)	2010	1621	retrospektiv	>50 Jahre	4,6%	4%
El-Menyar et al. (101)	2013	1355	retrospektiv	32,7 ± 15 Jahre	13% (16% > 60 Jahre)	2,4% (1,6% > 60 Jahre)
Elgar et al. (107)	2022	1120 (Erwachsene) 1038 (Ältere)	retrospektiv	46,6 vs. 78,9 Jahre	1% vs. 1%	/
<i>Vorliegende Studie</i>	<i>2023</i>	<i>211</i>	<i>retrospektiv</i>	<i>Median 75 (60-95) Jahre</i>	<i>16,6%</i>	<i>16,1%</i>

Tabelle 18 - Tabellarischer Vergleich der Studien

6.2 Patientenspezifische Faktoren

Die Ergebnisse zeigen in der univariaten Analyse einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Mortalität und diversen Vorerkrankungen bei Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma. Hierbei scheinen insbesondere das Vorliegen einer pulmonalen Vorerkrankung, arteriellen Hypertonie, koronaren Herzerkrankung, Herzinsuffizienz, oder Niereninsuffizienz eine Rolle zu spielen. Unterstützt wird das Ergebnis durch die multivariate Regressionsanalyse. In Bezug auf die Mortalität war das Vorliegen einer Herzinsuffizienz ein

entscheidender Faktor zu versterben (OR 6,392; 95%-KI: 1,287-31,759). Der Charlson Comorbidity Index, dessen Punktwert sich durch das Vorliegen verschiedener Erkrankungen zusammensetzt, ist in der multivariaten Analyse in Zusammenhang mit der Mortalität zu bringen (OR 2,108 pro Punkt; 95%-KI: 1,359-3,271; $p < ,001$). Je höher also der CCI vor dem Trauma lag, desto höher war das Risiko für die Patientin bzw. den Patienten nach dem Trauma zu versterben. Der CCI wird vielseitig zur Risikostratifizierung in der Praxis genutzt. Der Index ist vergleichsweise einfach zu erheben und bietet daher einen guten Überblick und eine sichere Einschätzung von Patientinnen und Patienten auch vor Therapieentscheidungen (z.B. in der Onkologie oder auch zunehmend im Rahmen von COVID-19-Erkrankten (108)). Mithilfe des CCI lässt sich altersabhängig das Mortalitätsrisiko ermitteln (95). Insofern deckt sich das hier aufgeführte Ergebnis gut mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen.

In 68,6% der Fälle wiesen die Patientinnen und Patienten eine ASA-PS-Klassifikation von ≥ 3 auf. Wenn auch nicht in der multiplen Regressionsanalyse, so zeigte sich bezüglich der Mortalität, der Pneumonie im Verlauf und auch der Anlage einer Thoraxdrainage jeweils ein signifikanter Zusammenhang. Die Klassifikation dient seit Jahren zur Einschätzung des perioperativen Risikos von Patientinnen und Patienten unter Berücksichtigung der jeweiligen Vorerkrankungen (98). Obgleich es vorliegend nicht in Verbindung mit Operationen genutzt wurde, so bündelt es doch die möglichen Vorerkrankungen und kann somit auch indirekt zur Risikoabschätzung genutzt werden. In der Literatur scheint es in Bezug auf das Thoraxtrauma jedoch nicht geläufig zu sein, sodass sich diesbezüglich auch nur wenige Untersuchungen finden. In der Studie von Degirmenci wurde der ASA-Wert jedoch berücksichtigt. Hier zeigte sich, dass die Älteren ab 65 Jahren einen höheren ASA-Wert aufwiesen und dieser auch mit einer schlechteren Prognose zusammenhing (109). Allerdings wurde keine multiple logistische Regression durchgeführt.

Ähnliche Erkenntnisse bzw. vorsichtig zu interpretierende Hinweise bezüglich der Vorerkrankungen und Sterblichkeit zeigen sich weiterhin in den bislang veröffentlichten Untersuchungen. In einer Studie von Elgar et al. aus dem Jahr 2022, welche Risikofaktoren für die Mortalität bei Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma untersuchten, konnte im univariaten und multivariaten Regressionsmodell ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Mortalität und pulmonalen Vorerkrankungen gezeigt werden (OR 7,46; 95%-KI: 1,63–34,11; $p=0.010$) (107). Für die übrigen zuvor genannten Erkrankungen stellte sich in den jeweiligen Regressionsmodellen keine Signifikanz dar bzw. waren nicht Bestandteil der Untersuchung (107). In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2000 wurde der Einfluss von kardio-pulmonalen Erkrankungen bei älteren Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma auf das Outcome untersucht (110). Hierbei zeigte sich in der vergleichenden Betrachtung (kardio-pulmonale Vorerkrankungen vorhanden vs. kardio-pulmonale Vorerkrankungen nicht vorhanden), dass die Mortalität in der Gruppe mit den vorhandenen Vorerkrankungen

signifikant erhöht war (110). Die etwas geringe Fallzahl von 127 Patientinnen und Patienten ist hier als ein limitierender Faktor anzumerken. Auch in einer größer angelegten Studie von Harrington et al. ließ sich zumindest in der univariaten Analyse ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Mortalität und einer vorbestehenden koronaren Herzerkrankung darstellen ($p < ,001$) (13). Ein direkter Vergleich der hier erwähnten Studien erscheint durch die unterschiedlichen Rahmenbedingungen erschwert bzw. nicht sinnvoll und bedarf sicherlich einer genaueren Differenzierung. Pulmonale Vorerkrankungen scheinen jedoch in dem überwiegenden Anteil der genannten Untersuchungen einer herausragenden Bedeutung beizukommen, obgleich diese in der vorliegenden Arbeit nur univariat mit einer erhöhten Mortalität einherging, zeigte sich ein robuster Zusammenhang zur Entwicklung einer Pneumonie.

Das Alter lag in der vorliegenden Studie im Median bei 75 Jahren (Min. 60, Max. 95). Im Vergleich lag das Durchschnittsalter anderer Studien zwischen 70,1 und 79,9 (13, 107, 111). In der vorliegenden Arbeit kam im Vergleich mit der Mortalität dem Alter Bedeutung zu, was sich im multivariaten Regressionsmodell nicht reproduzieren ließ im Gegensatz zur Studie von Harrington et al. (13). Hier zeigte sich in der multivariaten logistischen Regression ein signifikanter Zusammenhang zum steigenden Alter (OR 1148,5; 95%-KI: 184,9-7132,6; $p < ,001$) (13). In Bezug auf die Pneumonien spielte das Alter in der vorliegenden univariaten Analyse mit der abhängigen Variable „Pneumonie im Verlauf“ ebenso eine Rolle. Je älter eine Patientin bzw. ein Patient war, desto eher erlitt diese oder dieser auch eine Pneumonie im Verlauf. In der multivariaten Regressionsanalyse in dieser Untersuchung betrug die OR pro Lebensjahr 1,115 (1,039-1,197; $p = ,002$), was einem Risiko von 11,5% pro Lebensjahr über dem Durchschnitt entspricht. Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus der Studie von Wutzler et al. (OR 1,012; 95%-KI: 1,003-1,021; $p = 0,012$) (112). In Bezug auf die Rippenfrakturen im Alter zeigte sich auch eine Korrelation zwischen dem Alter und dem Auftreten einer Pneumonie (112). Durch die sich verändernden physiologischen Gegebenheiten und Vorerkrankungen ist die Regenerationszeit bei v.a. geriatrischen Patientinnen und Patienten verlängert. Die Prophylaxe einer Pneumonie (z.B. bedarfsgerechte Analgesie, physiotherapeutische Beübung und Atemtraining) und somit auch einem Verhindern für einen in dieser Studie deutlichen Risikofaktor der Mortalität kommt somit eine herausragende Bedeutung zu. Zudem ist der Nutzen einer entsprechenden Therapie hinlänglich traumatisch verletzter Patientinnen und Patienten in Untersuchungen belegt (31).

Stürze im Alter sind keine Seltenheit und können neben den bereits erwähnten physiologischen Prozessen des Alterns auch dem Einfluss von Medikamenten unterliegen (113, 114). Insbesondere zentral wirksame Medikamente wie z.B. Benzodiazepine, aber auch Blutdruckmedikamente (z.B. ACE-Hemmer), welche von einer großen Anzahl an Patientinnen und Patienten im Alter eingenommen werden, stehen im Zusammenhang mit Sturzneigungen

(115, 116). Es überrascht nicht sonderlich, dass der häufigste Verletzungsmechanismus der Sturz aus geringer Höhe (also auch der häusliche Sturz) war. Dies betraf insgesamt 30,3% der hier vorliegenden Fälle. In der Studie von El-Menyar et al. traten Stürze gehäuft in der Subgruppe der Älteren auf (101). Weiterhin untersuchten Barnea et al. isolierte Rippenfrakturen bei älteren Patientinnen und Patienten, für welche in 69% der Fälle ein Sturz ursächlich für die Verletzung war (111). Auch in weiteren Studien kamen Stürzen, ungeachtet der Höhe und teilweise altersunabhängig betrachtet, Bedeutung zu (117-119). Im Median haben die Patientinnen und Patienten vier unterschiedliche Medikamente eingenommen. Polypharmazie birgt die Gefahr von Wechselwirkungen (68-70). und wird in der Literatur oftmals ab der Einnahme von fünf oder mehr unterschiedlichen Wirkstoffen beschrieben (64, 65, 67). In der vorliegenden Arbeit traf dies bei 38,9% der Patientinnen und Patienten zu. Vor diesem Hintergrund scheint es plausibel, dass die Anzahl der eingenommenen und unterschiedlichen Wirkstoffe zumindest univariat in einem Zusammenhang mit der Mortalität, aber auch dem Entstehen einer Pneumonie im Verlauf, gebracht werden konnten. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Patientinnen und Patienten u.a. durch einen etwaigen Einfluss von Medikamenten eher gestürzt sein könnten und sich somit ggf. die entsprechenden Verletzungen zugezogen haben. Hier wäre eine Differenzierung der eingenommenen Medikamente interessant, welche für sich genommen das Sturzrisiko erhöhen können. Mit der Polypharmazie gehen in der Regel unterschiedliche Erkrankungen einher, die ihrerseits einen Impact auf das Outcome der Patienten nach Sturz, wie bereits zuvor erläutert, haben können. Um hier jedoch eine eindeutige Verbindung herstellen zu können, bedarf es einer zielgerichteteren Untersuchung, was die vorliegende Arbeit an dieser Stelle nicht leisten kann. Zudem betrifft der Sturz auch andere Verletzungsmuster als das Thoraxtrauma. Es ist jedoch ein entscheidender Hinweis dafür, dass die Optimierung Outcome-relevanter Faktoren bereits im Vorfeld, also vor einem potentiellen Ereignis und z.B. in hausärztlicher Beratungstätigkeit, stattfinden sollte (beispielsweise im Sinne einer Risikostratifizierung Frailty/ Sturzneigung und Anpassung der Dauermedikation).

Fast die Hälfte der Patientinnen und Patienten (47,9%) des Gesamtkollektivs wurde zum Zeitpunkt des Traumas gerinnungsbeeinflussend behandelt. Auf die Mortalität hatte dies zwar keinen Einfluss, es konnte jedoch univariat ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Einnahme gerinnungshemmender Medikamente und die Entwicklung einer Pneumonie im Verlauf sowie die Anlage einer Thoraxdrainage gezeigt werden. Es finden sich wenige Untersuchungen in der Literaturrecherche, welche die Einnahme gerinnungshemmender Medikation vor einem traumatischen Ereignis (insbesondere unter Beachtung des Alters) berücksichtigt. Diesbezüglich konnten die Studien von Battle et al. multivariat zeigen, dass diese Patientinnen und Patienten ein erhöhtes Risiko für Komplikationen (z.B. Pneumonie oder Aufenthaltsdauer) nach Thoraxtrauma aufwiesen (120, 121). Darüber hinaus stellten sie auch

ein erhöhtes Risiko für Patientinnen und Patienten heraus, die 65 Jahre alt und älter waren (121). Ang et al. postulierten ebenfalls, dass die Einnahme von Antikoagulation mit einer erhöhten Rate an Komplikationen einhergeht (122). Andererseits finden sich auch konträre Aussagen diesbezüglich in der Wissenschaft: Udekwu et al. konnten keinen Zusammenhang zwischen gerinnungshemmender Medikation und erhöhter Mortalität oder der Dauer des Aufenthaltes herstellen (123). Da auch hier die Studien unterschiedliche Schwerpunkte legten, fehlt es an spezifischen Untersuchungen in dieser Hinsicht. Denn es erscheint logisch, dass blutverdünnende Medikamente im Falle einer Verletzung das Blutungsrisiko erhöhen und somit auch eher zu Einblutungen und Komplikationen führen können.

6.3 Trauma-assoziierte Verletzungen

Penetrierende Unfallverletzungen sind hierzulande eher selten und machen mit unter 5% gemäß des DGU®-Jahresbericht 2021 einen geringen Anteil aus (2). In Afrika, aber auch mittelamerikanischem Raum oder in Ländern mit Bürgerkrieg kommen penetrierende Verletzungen (z.B. aufgrund von Waffengebrauch) häufiger vor.

Der ISS-Punktwert lag in dieser Untersuchung im Median bei 17 (Min. 1; Max. 75) und damit im Mittelfeld im Vergleich zu anderen Untersuchungen bezogen auf das Thoraxtrauma, sofern der ISS-Score erhoben wurde. Hier lag der ISS-Wert zwischen 11,7- 27,8 (13, 101, 105).

Sowohl univariat als auch multivariat zeigte sich der ISS Punktwert in Bezug auf die Mortalität in der Regressionsanalyse signifikant. Die OR betrug pro Punkt 1,093 (95%-KI: 1,044-1,144; $p < ,001$). Diese Ergebnisse spiegeln sich ähnlich in weiteren Studien wider (13, 101, 105, 118). So war ein erhöhter ISS-Punktwert in der älteren Gruppe mit höherer Mortalität verbunden (118). Auch die Studie von Harrington et al. brachte den ISS mit einer erhöhten Sterblichkeit in signifikanten Zusammenhang in der univariaten Betrachtung (13). Das korreliert mit den Erkenntnissen, dass der ISS die Verletzungsschwere eines Patienten einordnet und somit auch indirekt das Risiko zu versterben (88). Zwar ist der ISS nicht spezifisch für das Thoraxtrauma, denn auch andere Haupt- oder Begleitverletzungen werden hier mitberücksichtigt. In dieser Arbeit hatten jedoch 37,4% der Patientinnen und Patienten einen AIS-Thorax Wert von 3 und in 31,8% der Fälle einen AIS-Thorax Wert ≥ 4 . Es ist davon auszugehen, dass der AIS-Thorax Wert einen entsprechenden Anteil an dem jeweiligen ISS-Punktwert hatte. In der univariaten Analyse konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Mortalität und dem AIS-Thorax Wert ≥ 4 gezeigt werden. Hier war das Risiko von Patientinnen und Patienten mit einem AIS-Thorax ≥ 4 zu versterben um das 6,7-fache erhöht im Vergleich zu solchen, deren AIS-Thorax unter 4 lag. In der multivariaten Regressionsanalyse zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zur Sterblichkeit. Ein

erhöhter AIS-Thorax Wert korreliert mit der Mortalität ebenso in den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen (13, 106, 118, 124). Dies konnte in der vorliegenden Untersuchung nur univariat gezeigt werden. Das Risiko, eine Pneumonie im Verlauf zu entwickeln, war jedoch bei Patientinnen und Patienten, welche einen AIS-Wert von ≥ 4 aufwiesen, sowohl in der univariaten Regressionsanalyse um das 3,9-fache, als auch im multivariaten Modell um das 10,3-fache erhöht. Wutzler et al. fanden heraus, dass die Schwere der Verletzungen im Allgemeinen mit dem Auftreten einer Pneumonie korrelierte (112). Dieser Zusammenhang konnte für den AIS nicht festgestellt werden (112). In der gleichen Studie zeigte sich auch kein Zusammenhang zwischen Mortalität und dem Auftreten von Pneumonien (112). Dies steht im Widerspruch zu den hier vorliegenden Erkenntnissen, in welchen in der univariaten und auch multivariaten Analyse die Pneumonie und die Sterblichkeit in einem signifikanten Zusammenhang gesehen werden. Unterschiedliche Ausgangsvariablen und Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien sind hier mutmaßlich die Faktoren, die zu diesen divergenten Ergebnissen führen. In weiteren Studien bedingte die Pneumonie in Bezug auf das Thoraxtrauma auch eine erhöhte Sterblichkeit (13, 21, 119, 125, 126), wenn auch nur bei den isolierten Thoraxverletzungen (112, 116). Es erscheint nachvollziehbar, dass ein AIS ≥ 4 mit der Anlage einer Thoraxdrainage im robusten Zusammenhang steht.

Hinsichtlich Rippenverletzungen (teilweise unter Berücksichtigung des Alters) zeigen mehrere Studien widersprüchliche Ergebnisse in Bezug darauf, dass die Anzahl der frakturierten Rippen mit der Mortalität in Korrelation steht (21, 23, 100, 111, 127, 128). In der repräsentativen Studie von Vassilev et al. konnte der Zusammenhang in der multivariaten Analyse nicht abgeleitet werden (23). In den meisten der zitierten Untersuchungen wurde ebenso kein signifikanter Zusammenhang gezeigt. Die Schwere bzw. Anzahl der Frakturen weist eher in Bezug auf die Morbidität eine Korrelation auf, was sich in den vorliegenden Ergebnissen widerspiegelt (AIS ≥ 4 als Risikofaktor für eine Pneumonie). Dennoch korrelierte weder das Vorliegen einer Rippenserienfraktur, noch ein Hämato-/Pneumothorax oder die Fraktur der ersten Rippe mit dem Entwickeln einer Pneumonie, dafür jedoch mit der Mortalität und der Anlage einer Thoraxdrainage. Im Alter ist das Auftreten von Rippenfrakturen bei Thoraxtrauma häufiger, als bei den Jüngeren (129). Das liegt zum einen daran, dass die Rippen bei jüngeren Patientinnen und Patienten elastischer sind (130). Sie brechen daher bei kleineren Bagateltraumata weniger schnell als bei den Älteren (130). Dafür treten gemäß der Studie von Vollrath et al. mehr Lungenkontusionen in der Gruppe der jüngeren Patientinnen und Patienten auf. Die Fraktur der ersten Rippe steht für einen besonders schweren Impact (131). Hinsichtlich der Mortalität gewann diese Variable jedoch lediglich in der univariaten Analyse ihre Bedeutung.

Lungenkontusionen stehen altersunabhängig für das Risiko pulmonaler Komplikationen (z.B. das Entwickeln einer Pneumonie oder ARDS) (132). Die ersten 72 Stunden nach Trauma sind

gemäß den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen hierfür bedeutsam (132). Eine repräsentative Untersuchung des Traumaregister DGU® von Schulz-Drost et al. zeigte, dass jüngere polytraumatisierte Patientinnen und Patienten häufiger Lungenkontusionen erlitten, als die ältere Vergleichsgruppe (133). Lungenkontusionen können dazu beitragen, dass sich die invasive Beatmungsunterstützung insgesamt verlängert (134, 135). In dieser Arbeit war das Vorliegen einer Lungenkontusion zumindest im Gruppenvergleich mit einer erhöhten Mortalität vergesellschaftet. Sie kann weiterhin auch für die Schwere des Thoraxtraumas stehen. Diesbezüglich zeigte sich ein signifikantes Ergebnis in der multivariaten Analyse in Bezug auf die Anlage einer Thoraxdrainage. Natürlich ist die Lungenkontusion keine Indikation zur Anlage einer Thoraxdrainage. Liegt eine Lungenkontusion vor, ist es jedoch nicht unwahrscheinlich, dass ein schweres Thoraxtrauma vorliegt und somit auch z.B. Rippenfrakturen, die zu einem Pneumothorax führen können.

Der Pneumothorax kann ebenfalls Ausdruck eines Thoraxtraumas sein. Insbesondere bei Vorliegen von Frakturen der Rippen, welche das Potential bieten die Lunge zu verletzen, kann es zum Kollaps der Lunge und somit dem Pneumothorax oder auch Spannungspneumothorax kommen (136). Dass dieser in der vorliegenden Untersuchung multivariat mit der Anlage einer Thoraxdrainage im Zusammenhang steht, ist nicht sonderlich verwunderlich, da die Therapie der Wahl, je nach Ausprägungsgrad, in der Regel die Thoraxdrainage (bzw. indikationsabhängig vorherige Entlastungspunktion) ist (38). Auch das Vorliegen eines Pneumothorax ging im Gruppenvergleich mit einer erhöhten Mortalität einher. Dies kann hinweisend dafür sein, dass das Entstehen eines Pneumothorax mit schweren Verletzungen vergesellschaftet sein kann und somit bei Patientinnen und Patienten vorhanden ist, die sich bedeutsam verletzt haben. Immerhin lag bei 42,9% der Patientinnen und Patienten, welche verstarben, ein Pneumothorax vor. Ähnlich verhält es sich beim Hämatothorax. Auch kann die entsprechende Therapie der Wahl nebst VATS oder Thorakotomie die Anlage einer Thoraxdrainage sein.

6.4 Stationärer Aufenthalt und Therapie

Die Länge des Aufenthaltes auf der ICU der Patientinnen und Patienten erwies sich als bedeutend für die Entwicklung einer Pneumonie, insbesondere im multivariaten Regressionsmodell. Das Risiko an einer Pneumonie zu erkranken stieg pro Tag um 1,476 (1,226-1,777; $p < ,001$). Ebenso zeigte sich eine Signifikanz in Bezug auf die invasive Beatmung, allerdings nur univariat. Hier lag die OR bei 6,500 (2,916-14,487; $p < ,001$). Diese Ergebnisse bilden sich auch in dem aktuellen Stand der Wissenschaft ab. In der Studie von Wutzler et al. war in der multiplen Regression die Dauer der Beatmung ein entscheidender

Risikofaktor für die Entwicklung einer Pneumonie (OR 1,005; 95%-KI: 1,005-1,006; $p < ,001$) (112). Bulger et al. fanden in ihrer Studie heraus, dass bei älteren Patientinnen und Patienten mit Rippenfrakturen die Dauer des Aufenthaltes auf der ICU prolongiert war (100). In der Wissenschaft gilt es als ausreichend untersucht, dass die maschinelle Beatmung in Abhängigkeit der Dauer ein wichtiger Risikofaktor ist, um eine Pneumonie zu entwickeln (137). Diesbezüglich werden auch aufgrund des dadurch gegebenenfalls verlängerten ICU-Aufenthalts die Behandlungskosten erhöht (138-140). Durch entsprechende Prävention kann das Risiko hierfür unter Umständen minimiert werden (139).

Die Wahrscheinlichkeit, eine Thoraxdrainage zu erhalten, war bei Patientinnen und Patienten mit einem AIS ≥ 4 in der multivariaten Regressionsanalyse um das 5,3-fache erhöht (2,017-28,706; $p = ,003$). Eine Untersuchung von polytraumatisierten Patienten mit Thoraxtrauma wies ähnliche Ergebnisse auf: Die Notwendigkeit zur Anlage einer Thoraxdrainage bei Patientinnen und Patienten, welche mit einem AIS ≥ 4 eingestuft wurden, war gegenüber jenen mit einem AIS von 2-3 signifikant erhöht (31). Die Anlage einer Thoraxdrainage korrelierte in dieser Arbeit mit dem Vorliegen eines Pneumothorax, Hämatothorax, Lungenkontusion, ASA-PS-Classification III-V sowie einem AIS ≥ 4 . In der univariaten Analyse stellte sich insbesondere für die Rippen(serien)frakturen, die Fraktur der ersten Rippe, den Hämatothorax, den Pneumothorax, sowie die Lungenkontusion ein robuster Zusammenhang zur Anlage einer Thoraxdrainage dar.

Die nicht-invasive cPAP-Therapie war in der vorliegenden Studie in Bezug auf die Mortalität ein präventiver Faktor. Dies zeigte sich lediglich im univariaten Gruppenvergleich. Die Wahrscheinlichkeit zu versterben war geringer, wenn Patientinnen und Patienten mit nicht-invasiver cPAP-Therapie behandelt wurden. Interessanterweise zeigte sich bezüglich der Pneumonie im Verlauf ein konträres Ergebnis: Patientinnen und Patienten, welche eine nicht-invasive-cPAP Therapie erhielten, hatten ein größeres Risiko an einer Pneumonie im Verlauf zu erkranken. Dieses war sogar um den Faktor 3,4 erhöht. Dies zeigte sich jedoch nur in der univariaten Analyse. Eine Erklärung hierfür ist, dass die nicht-invasive cPAP-Therapie insbesondere Patientinnen und Patienten angeboten wurde, welche bereits respiratorisch insuffizient waren (wie es z.B. bei der Pneumonie auftreten kann) und bereits eine Pneumonie entwickelt hatten. Oder sie hatten Lungenkontusionen und wurden entsprechend therapiert als erweiterte Therapie, falls eine respiratorische Komplikation bereits eingetreten war. In der ausführlichen Literaturrecherche wurde keine vergleichbare Studie in Bezug auf das Thoraxtrauma gefunden, welche den Parameter nicht-invasive cPAP-Therapie bei älteren Patientinnen und Patienten miteingeschlossen hatte. In einer größer angelegten Studie von Söderlund et al. wurde das „In-Hospital-Outcome“ (117) von 594 Patientinnen und Patienten unabhängigen Alters, welche unter einem schweren Thoraxtrauma litten, untersucht (117). Hierbei wurde die Dauer der cPAP-Therapie untersucht, zeigte jedoch in Relation zur Mortalität

keine Signifikanz (117). Dies bildet sich auch in weiteren Studien bzw. Reviews ab (141, 142). Das Thema ist insofern relevant, als dass der Nutzen von nicht-invasiver cPAP-Therapie in der Literatur kontrovers diskutiert wird. Chiomello et al. fanden in ihrem systematischen Review zu nicht-invasiver Beatmung beim Thoraxtrauma heraus, dass die nicht-invasive Beatmung hilfreich sein kann beim Management akuter respiratorischer Insuffizienz (143). Gleichzeitig beschreibt die sich aktuell in Überarbeitung befindliche und veraltete S3-Leitlinie „Nicht-invasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz“ ebenso einen Nutzen der nicht-invasiven Beatmung und setzt diese mit der invasiven Beatmung in Bezug auf die Effektivität gleich (144). Hernandez et al. fanden ebenso heraus, dass die Rate an Intubationen bei Thoraxtraumata durch NIV signifikant reduziert wurde, allerdings keinen Einfluss auf die Mortalität hatte (142). Das in der vorliegenden Arbeit gezeigte Ergebnis kann somit bezüglich der protektiven nicht-invasiven cPAP-Therapie einer Verzerrung unterliegen: Nach Thoraxtrauma erhielten die Patientinnen und Patienten auf der Normalstation ebenfalls teilweise Atemtraining und cPAP-Therapie. Die Indikation wurde bei vorliegendem Thoraxtrauma getroffen. Das Angebot dieser Therapie war jedoch von Station zu Station unterschiedlich. Eventuell haben somit Patientinnen und Patienten diese Therapie erhalten, welche z.B. aufgrund nur leichter Verletzungen auch ohne entsprechende Therapie keine Pneumonie entwickelt hätten oder auch nicht gestorben wären. Andererseits haben manche Fälle, die diese Form von Atemtraining gebraucht hätten, diese jedoch nicht erhalten und ggf. Komplikationen entwickelt und wurden erst dann entsprechend therapiert. Insofern bedarf es hier einer genaueren Differenzierung als jene, die getroffen wurde und sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen werden.

6.5 Komplikationen

In der Literatur finden sich je nach Studie Inzidenzen von Pneumonien bei Thoraxtraumata von 6-27,5% (21, 112, 126, 145, 146). In der vorliegenden Arbeit erkrankten insgesamt 16,1% der Patientinnen und Patienten an einer Pneumonie im Verlauf. Das Ergebnis liegt damit im Mittelfeld. Die deutliche Spannbreite ergibt sich am ehesten dadurch, dass die Studien in der vergleichenden Betrachtung sehr heterogen sind und ihren Fokus teils auf schwer verletzte und polytraumatisierte Patientinnen und Patienten, nur Rippenfrakturen oder aber isolierte traumatisch bedingte Thoraxverletzungen gelegt haben. Hierdurch entsteht eine Divergenz zwischen den unterschiedlichen Untersuchungen.

Die Besonderheit dieser Studie ergibt sich auch aus der Tatsache, dass hier mögliche Risikofaktoren für das Entwickeln einer Pneumonie miterfasst wurden. Insbesondere die Schwere des Thoraxtraumas, pulmonale Vorerkrankungen, die Dauer des Aufenthaltes auf

der ICU, sowie das Alter bei Aufnahme begünstigten diese im multivariaten Regressionsmodell.

Kózka et al. untersuchten Risikofaktoren von Pneumonien, welche mit einer invasiven Beatmung assoziiert sind. Dies können demnach Fettleibigkeit, Alkoholismus, chronisch-obstruktive pulmonale Vorerkrankungen sowie das Vorliegen eines Diabetes Mellitus sein (147). Ein ähnliches Bild zeichnet sich in den vorliegenden Ergebnissen ab. Obgleich der BMI in keiner der Untersuchungen eine Signifikanz aufwies, so zeigte sich diese bei den pulmonalen Vorerkrankungen multivariat und auch beim Diabetes mellitus, zumindest in den univariaten Gruppenvergleichen.

Physiologische Prozesse, die mit dem Alter einhergehen, bedingen, dass zum Beispiel die Vitalkapazität der Lunge bei älteren Menschen abnimmt (52). Ohne wesentliche Vorerkrankung der Lunge bleibt diese jedoch bis zuletzt gut funktionsfähig (53). Bei Verletzungen der Lunge, z.B. Lungenkontusionen, kann es jedoch mitunter dazu führen, dass der O₂-Austausch und die Diffusion aufgrund von Inflammationsprozessen und/ oder Einblutungen nicht mehr ausreichend sind (148). Daraus kann eine Hyperkapnie, eine Unterversorgung im Sinne einer Hypoxie und schlussendlich neben einer Reihe weiterer zahlreicher pathophysiologischer Prozesse eine respiratorische Insuffizienz bis hin zum ARDS resultieren (148). In dieser Studie entwickelte sich in 5 Fällen (2,4% des Gesamtkollektivs) ein ARDS, von denen 4 Patientinnen und Patienten verstarben. Dies zeigt die Schwere des Syndroms. Grundsätzlich ist die Letalität altersunabhängig beim Vorliegen eines ARDS hoch. Sie wird in der Literatur, je nach Schweregrad (leicht, mittel, schwer) mit 15-55,7% angegeben (149, 150). Mit 80% liegt die Mortalität beim ARDS in dieser Studie deutlich darüber. Das liegt vor allem daran, dass die Patientinnen und Patienten deutlich älter sind, als in den abgebildeten Studien und die Fallzahl (N=5) vergleichsweise gering. Zum anderen sind die Untersuchungen zu der Letalität an sich sehr divergent und auch vom Patientenkollektiv und unterschiedlichen Behandlungskonzepten abhängig. Die Lungenkontusion gilt beim Thoraxtrauma u.a. als ein Risikofaktor für das Entwickeln einer respiratorischen Insuffizienz bis hin zum Vollbild des ARDS (149). Dies gilt es in der Behandlung von Thoraxtraumata insbesondere bei Älteren zu berücksichtigen und von Beginn an durch suffiziente Therapieangebote zu verhindern. In dieser Untersuchung war jedoch die Fallzahl für das ARDS zu gering, sodass es sich für eine differenzierte Mitbetrachtung nicht angeboten hat.

6.6 Fazit und Ausblick

Das Thoraxtrauma der Älteren ist mit einer signifikanten Mortalität assoziiert und häufig stumpfer Genese (v.a. durch Stürze). Gerade im Alter werden Schmerzangaben oder

Beschwerden durch Betroffene nicht immer adäquat kommuniziert, sodass Verletzungen auch übersehen werden können. Das Thoraxtrauma ist eine unterschätzte Entität. Mit Blick auf die ältere Population sollte bei dem Verdacht auf ein Thoraxtrauma die Indikation zur Bildgebung (Sonographie, Röntgen-Thorax, CT-Thorax) großzügig gestellt werden.

In dieser Arbeit zeigte sich, dass das Outcome von älteren Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma im Wesentlichen von bestehenden Vorerkrankungen und auch der Schwere des Traumas abhängig ist. Auch die Entwicklung einer Pneumonie hat einen überragenden Einfluss auf den Outcome von Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma in Bezug auf die Mortalität.

Die Untersuchung konnte jedoch auch herausstellen, dass für die Entwicklung einer Pneumonie das Alter, ebenso wie das Bestehen pulmonaler Vorerkrankungen und auch die Schwere der Thoraxverletzungen eine entscheidende Rolle spielten.

Diesbezüglich kommt der Pneumonie-Prophylaxe bzw. Prävention in der Akutbehandlung eine wichtige Rolle zu. So sind bei einem Thoraxtrauma eine konsequente Schmerztherapie, Atemtraining und krankengymnastische Beübungen zur Verhinderung von Komplikationen unerlässlich.

Prävention beginnt jedoch bereits im hausärztlichen Setting. Denn diese adressiert insbesondere im Alter die Sturzprophylaxe, die Kontrolle und Optimierung der Dauermedikation, und natürlich auch die Primärprävention der eigentlichen Erkrankungen.

Es ist eine Limitation nicht nur dieser Arbeit, sondern auch die von Vorangegangenen, dass es keine einheitlichen Untersuchungen gibt, die standardisiert Risikofaktoren ermitteln. Es bedarf jedoch v.a. prospektiver Studien und Standards, die es ermöglichen, das Untersuchte ins Verhältnis zu anderen Arbeiten zu setzen. Insbesondere der Punkt „Frailty“ sollte in weitergehenden Studien mit Augenmerk bedacht werden. Retrospektiv ist es mit den dokumentierten Daten kaum möglich, diesbezüglich einen Score zu erheben. Bei einem großen Anteil an Stürzen und einem großen Anteil älterer Menschen ist der Einfluss dessen jedoch nicht zu unterschätzen. Weiterhin sollte sturz-assoziierte Medikation differenzierter betrachtet werden.

Auch zeigten sich Hinweise in dieser Studie, dass eine unterstützende nicht-invasive Ventilation zu einem besseren Outcome führen kann. Inwiefern dies tatsächlich so ist, sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen werden. Der Anteil an VATS war in der vorliegenden Untersuchung zu gering in Bezug auf die untersuchten Fälle, sodass für weitere Studien ein größerer Datensatz benötigt wird. Dies gilt ebenso für weitere Untersuchungen bezüglich der Entwicklung eines ARDS, was sich ebenso in dieser Datengröße als nicht repräsentativ

herausgestellt hat. Nichtsdestotrotz bieten diese Ansätze dennoch Potential für weitere Überlegungen und auch Hinweise, wie diese künftig aussehen könnten.

Dies ist mit Blick auf den demographischen Wandel das, was notwendig ist, um die Versorgungssicherheit auch bei älteren Patientinnen und Patienten auf einem guten Niveau zu bringen und wissenschaftlich zu fundieren.

7 Zusammenfassung

Einleitung

Das Thoraxtrauma im Alter gewinnt im Hinblick auf den demographischen Wandel zunehmend an Bedeutung. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Risikofaktoren beim Thoraxtrauma im Alter zu identifizieren.

Patienten und Methoden

Es wurden Daten von 211 Patientinnen und Patienten identifiziert, die von 2012 – 2018 in der einer Klinik der Maximalversorgung behandelt wurden, retrospektiv untersucht und ausgewertet. Einschlusskriterien waren Thoraxtrauma in Haupt- oder Nebendiagnose und ein Alter ≥ 60 Jahre. Es wurden Variablen untersucht, die sich auf patientenspezifische Faktoren, Trauma-assoziierte Verletzungen, Diagnostik und Therapie sowie Komplikationen bezogen. Primärer Endpunkt war die Mortalität. Sekundärer Endpunkt waren die Einflussfaktoren für das Entstehen einer Pneumonie, sowie die Anlage einer Thoraxdrainage. Die Datenerfassung, Datenaufbereitung und statistische Auswertung der Daten erfolgte mit SPSS Statistics 27 (IBM, Armonk, New York, USA).

Ergebnisse

Das Alter betrug im Median 75 (60-95). Der ISS lag im Median bei 17 (1-75) Punkten. 31,8% hatten einen AIS-Punktwert (Thorax) ≥ 4 . 28,4% erhielten eine Thoraxdrainage. 16,1% entwickelten eine Pneumonie. Die Mortalität lag bei 16,6%. In Bezug auf die Mortalität ergab die multiple Regressionsanalyse folgende Ergebnisse: Pneumonie (OR 15,935, 95%-KI: 2,517-100,880, $p=,003$), Herzinsuffizienz (OR 6,392; 95%-KI: 1,287-31,759; $p=,023$), CCI pro Punkt (OR 1,979; 95%-KI: 1,209-3,237; $p=,007$), ISS pro Punkt (OR 1,085; 95%-KI: 1,037-1,136; $p=,003$).

In Bezug auf die Pneumonie ergab die multiple Regressionsanalyse folgende Ergebnisse: AIS-Thorax 4-6 (OR 10,346; 95%-KI: 1,264-84,659; $p=,029$), Pulmonale Vorerkrankungen (OR 3,769; 95%-KI: 1,087-13,075; $p=,037$), Liegedauer ITS pro Tag (OR 1,476; 95%-KI: 1,226-1,777; $p<,001$), Alter pro Jahr (OR 1,115; 95%-KI: 1,039-1,197; $p=,002$).

In Bezug auf die Thoraxdrainage ergab die multiple Regressionsanalyse folgende Ergebnisse: Hämatothorax (OR 57,425; 95%-KI: 5,050-652,957; $p=,001$), Pneumothorax (OR 30,412; 95%-KI: 7,335-126,098; $p<,001$), Lungenkontusion (OR 11,839; 95%-KI: 2,772-50,558; $p<,001$), ASA III-V (OR 5,679; 95%-KI: 1,090-29,548; $p=,039$), AIS-Thorax ≥ 4 (OR 5,297; 95%-KI: 1,358-20,658; $p=,016$)

Schlussfolgerung

Multimorbidität und eine Pneumonie im Verlauf sind relevante Mortalitätsprädiktoren bei älteren Patientinnen und Patienten mit Thoraxtrauma, sodass geriatrischer Expertise und Maßnahmen zur konsequenten Pneumonie-Prophylaxe herausragende Bedeutung zukommen. Das Thoraxtrauma ist ebenso eine unterschätzte Entität bei Älteren, sodass bei einem Verdacht auf ein Thoraxtrauma die Indikation zur bildgebenden Diagnostik großzügig gestellt werden sollte.

8 Literaturverzeichnis

1. Flashar H. Hippokrates LSW eLibrary Altertumswissenschaft Paket 2017 1. Auflage 2016 ed. München 2016 p. 186-96.
2. Traumaregister DGU®. TR-DGU_Jahresbericht_2021[Internet] 2022 [zitiert am 25.01.2022] URL: https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/TR-DGU_Jahresbericht_2021.pdf.
3. Aufmkolk M, Ruchholtz S, Hering M, Waydhas C, Nast-Kolb D. Wertigkeit der subjektiven Einschätzung der Thoraxverletzungsschwere durch den Notarzt. Der Unfallchirurg. 2003;106(9):746-54.
4. Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D. Epidemiologie des Schwerverletzten Eine prospektive Erfassung der präklinischen und klinischen Versorgung. Der unfallchirurg. 2000;103(5):355-63.
5. Dixius A, Möhler E. Stress und Traumafolgen bei Kindern und Jugendlichen: Stabilisierende Interventionen nach Gewalt, Missbrauch und Flucht: Kohlhammer Verlag; 2019.
6. Tscherne H, Oestern H, Sturm J. Stress tolerance of patients with multiple injuries and its significance for operative care. Langenbecks Archiv für Chirurgie. 1984;364:71-7.
7. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, FREY CF. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 1990;30(11):1356-65.
8. Pape HC, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, et al. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. The journal of trauma and acute care surgery. 2014;77(5):780-6.
9. Butcher N, Balogh Z. Update on the definition of polytrauma. European Journal of Trauma and Emergency Surgery. 2014;40(2):107-11.
10. Copes WS, Champion HR, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Bain LW. The injury severity score revisited. Journal of Trauma and Acute Care Surgery. 1988;28(1):69-77.
11. Vécsei V, Arbes S, Aldrian S, Nau T. Chest injuries in polytrauma. European Journal of Trauma. 2005;31(3):239-43.
12. Bieler D, Franke A, Hentsch S, Paffrath T, Willms A, Lefering R, et al. Gunshot and stab wounds in Germany--epidemiology and outcome: analysis from the TraumaRegister DGU®. Der Unfallchirurg. 2014;117(11):995-1004.
13. Harrington DT, Phillips B, Machan J, Zacharias N, Velmahos GC, Rosenblatt MS, et al. Factors associated with survival following blunt chest trauma in older patients: results from a large regional trauma cooperative. Archives of Surgery. 2010;145(5):432-7.
14. Dönitz S. Präklinisches Traumamanagement: Prehospital Trauma Life Support (PHTLS), Deutsche Bearbeitung durch PHTLS Deutschland und Schweiz: Urban et Fischer in Elsevier; 2016.
15. Schmitz F. Brusthöhle. In: Aumüller G, Aust G, Conrad A, Engele J, Kirsch J, Maio G, et al., editors. Duale Reihe Anatomie. 5., korrigierte Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2020.
16. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker KH. Thorax. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker KH, editors. Prometheus LernAtlas - Innere Organe. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2009.
17. Ehmke H. Atmung. In: Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, et al., editors. Duale Reihe Physiologie. 4., unveränderte Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2021.
18. Gässler H, Lampl L, Helm M. Die Thoraxdrainage. Der Notarzt. 2017;33(02):82-8.
19. Schmitz D, Waydhas C, Nast-Kolb D. Präklinische Versorgung bei Thoraxtrauma. Notfall+ Rettungsmedizin. 2007;10(4):255-65.
20. Einfeldt RJ. Thorax (Pleura, Lunge). In: Schwarz NT, editor. Allgemein- und Viszeralchirurgie essentials. 8., vollständig überarbeitete Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2017.

21. Bergeron E, Lavoie A, Clas D, Moore L, Ratte S, Tetreault S, et al. Elderly Trauma Patients with Rib Fractures Are at Greater Risk of Death and Pneumonia. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2003;54(3):478-85.
22. Marini CP, Petrone P, Soto-Sánchez A, García-Santos E, Stoller C, Verde J. Predictors of mortality in patients with rib fractures. *European journal of trauma and emergency surgery*. 2021;47(5):1527-34.
23. Vassilev G, Schulz T, Nowak K. Outcome von Patienten mit Thoraxtrauma an einer Klinik der Maximalversorgung. Ist die Anzahl frakturierter Rippen Prädiktor für Mortalität und Morbidität? *Zentralblatt für Chirurgie-Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax-und Gefäßchirurgie*. 2015;140(S 01):P10.
24. Murphy IV CE, Raja AS, Baumann BM, Medak AJ, Langdorf MI, Nishijima DK, et al. Rib fracture diagnosis in the panscan era. *Annals of emergency medicine*. 2017;70(6):904-9.
25. Thielke K-H, Echtermeyer V. Skapulafrakturen. In: Echtermeyer V, Bartsch S, editors. *Praxisbuch Schulter*. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2004.
26. Obertacke U, Lehmann L-J. *Scapula-und Thoraxtraumata. Die Scapula*: Elsevier; 2015. p. 207-22.
27. Herold A, Rothe K, Bennek J. Die Lungenkontusion. *Zentralblatt für Kinderchirurgie*. 2002;11(01):11-6.
28. Larsen R. Akute Störungen der Atmung: spezielle Krankheitsbilder. *Larsens Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege*: Springer; 2021. p. 831-59.
29. Finkbeiner R, Krinner S, Langenbach A, Besendörfer M, Schulz-Drost S. Age distribution and concomitant injuries in pulmonary contusion: an analysis based on routine data. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*. 2018;66(08):678-85.
30. Waydhas C, Sauerland S. Thoraxtrauma und Thoraxdrainage: Diagnostik und Therapie—Ein systematisches Review. *Notfall & Rettungsmedizin*. 2003;6(8):627-39.
31. Chrysou K, Halat G, Hokschi B, Schmid RA, Kocher GJ. Lessons from a large trauma center: impact of blunt chest trauma in polytrauma patients—still a relevant problem? *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2017;25(1):1-6.
32. Lichte P, Kalverkamp S, Spillner J, Hildebrand F, Kobbe P. Thoraxtrauma aus chirurgischer Sicht. *Der Unfallchirurg*. 2018;121(5):403-12.
33. Choi J, Anand A, Sborov KD, Walton W, Chow L, Guillaumondegui O, et al. Complication to consider: delayed traumatic hemothorax in older adults. *Trauma surgery & acute care open*. 2021;6(1):e000626.
34. Sirmali M, Türüt H, Topçu S, Gülhan E, Yazici Ü, Kaya S, et al. A comprehensive analysis of traumatic rib fractures: morbidity, mortality and management. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2003;24(1):133-8.
35. Yamamoto L, Schroeder C, Morley D, Beliveau C. Thoracic trauma: the deadly dozen. *Critical Care Nursing Quarterly*. 2005;28(1):22-40.
36. Schreyer C, Schwab R. Management beim Thoraxtrauma und bei intrathorakalen Verletzungen. *Der Chirurg*. 2020;91(6):517-30.
37. Westhoff J, Kälicke T, Muhr G, Kutscha-Lissberg F. Die Wirklichkeit der präklinischen Versorgung des Thoraxtraumas-Ergebnisse einer prospektiven Studie. *AINS-Anästhesiologie-Intensivmedizin- Notfallmedizin- Schmerztherapie*. 2002;37(07):395-402.
38. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.: S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung (AWMF Registernummer 187-023), Version 4.0 (31.12.2022), verfügbar unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/187-023.html>. [zitiert am 01.03.2023].
39. Weigeldt M, Paul M, Schulz-Drost S, Schmittner M. Narkose, Beatmung und Schmerztherapie beim Thoraxtrauma. *Der Unfallchirurg*. 2018;121(8):634-41.
40. May L, Hillermann C, Patil S. Rib fracture management. *Bja Education*. 2016;16(1):26-32.
41. Simon BJ, Cushman J, Barraco R, Lane V, Luchette FA, Miglietta M, et al. Pain management guidelines for blunt thoracic trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2005;59(5):1256-67.

42. Duggal A, Perez P, Golan E, Tremblay L, Sinuff T. Safety and efficacy of noninvasive ventilation in patients with blunt chest trauma: a systematic review. *Critical Care*. 2013;17(4):1-9.
43. Fichtner F, Mörer O, Laudi S, Weber-Carstens S, Kaisers U. S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“. *DIVI*. 2017;4:154-63.
44. Richter T, Ragaller M. Ventilation in chest trauma. *Journal of Emergencies, Trauma and Shock*. 2011;4(2):251.
45. ATLS Students course manual (10th Edn). Thoracic Trauma American college of surgeons C, USA 4 (2018): 66. USA 4 (2018).
46. Butler J, Sammy I, Desmond J, Mackway-Jones K. Antibiotics in patients with isolated chest trauma requiring chest drains. *Emergency medicine journal*. 2002;19(6):553-4.
47. Inaba K, Lustenberger T, Recinos G, Georgiou C, Velmahos GC, Brown C, et al. Does size matter? A prospective analysis of 28-32 versus 36-40 French chest tube size in trauma. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2012;72(2):422-7.
48. Lafferty PM, Anavian J, Will RE, Cole PA. Operative treatment of chest wall injuries: indications, technique, and outcomes. *JBJS*. 2011;93(1):97-110.
49. Leinicke JA, Elmore L, Freeman BD, Colditz GA. Operative management of rib fractures in the setting of flail chest: a systematic review and meta-analysis. *Annals of surgery*. 2013;258(6).
50. Marasco SF, Davies AR, Cooper J, Varma D, Bennett V, Nevill R, et al. Prospective Randomized Controlled Trial of Operative Rib Fixation in Traumatic Flail Chest. *Journal of the American College of Surgeons*. 2013;216(5):924-32.
51. Saß A-C, Wurm S, Scheidt-Nave C. Alter und Gesundheit. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*. 2010;53(5):404-16.
52. Langsenlehner U, Muchar H, Schippinger W. Somatische Veränderungen im Alter. *Geriatrische Notfallversorgung*: Springer; 2013. p. 39-56.
53. Friedl I. Aspekte der Polypharmazie beim alten Patienten. *Geriatrische Notfallversorgung*: Springer; 2013. p. 473-88.
54. van den Akker M, Buntinx F, Knottnerus JA. Comorbidity or multimorbidity: what's in a name? A review of literature. *The European journal of general practice*. 1996;2(2):65-70.
55. Le Reste JY, Nabbe P, Manceau B, Lygidakis C, Doerr C, Lingner H, et al. The European General Practice Research Network presents a comprehensive definition of multimorbidity in family medicine and long term care, following a systematic review of relevant literature. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2013;14(5):319-25.
56. Forman DE, Maurer MS, Boyd C, Brindis R, Salive ME, Horne FM, et al. Multimorbidity in older adults with cardiovascular disease. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;71(19):2149-61.
57. Salive ME. Multimorbidity in older adults. *Epidemiologic reviews*. 2013;35(1):75-83.
58. Barnett K, Mercer SW, Norbury M, Watt G, Wyke S, Guthrie B. Epidemiology of multimorbidity and implications for health care, research, and medical education: a cross-sectional study. *The Lancet*. 2012;380(9836):37-43.
59. Taylor AW, Price K, Gill TK, Adams R, Pilkington R, Carrangis N, et al. Multimorbidity-not just an older person's issue. Results from an Australian biomedical study. *BMC public health*. 2010;10(1):1-10.
60. Seger W, Gaertner T. Multimorbidität: Eine besondere Herausforderung. *Dtsch Arztebl*. 2020;117(44):A-2092-B-1780.
61. Junghanns K, Wetterling T. Multimorbidität bei älteren psychiatrischen Patienten. *Fortschritte der Neurologie· Psychiatrie*. 2019;87(10):564-70.
62. Haupt M, Vollmar H. Psychische Erkrankungen bei älteren Patienten. *Psychische Erkrankungen in der Hausarztpraxis*: Springer; 2008. p. 517-32.
63. Stokes 3rd J, Kannel WB, Wolf PA, D'Agostino RB, Cupples LA. Blood pressure as a risk factor for cardiovascular disease. The Framingham Study--30 years of follow-up. *Hypertension*. 1989;13(5_supplement):113.
64. Wehling M, Throm C. Polypharmazie im Alter–klug entscheiden mit dem FORTA-Prinzip. *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift*. 2015;140(18):1378-82.

65. Arnold T. Medikationsmanagement bei Polypharmazie im Alter. *Der Klinikarzt*. 2017;46(12):635-41.
66. von Arzneimittelinteraktionen V, Kratz PT, Diefenbacher A. Psychopharmakotherapie im Alter.
67. Kruse W, Rampmaier J, Frauenrath-Volkers C, Volkert D, Wankmüller I, Micol W, et al. Drug-prescribing patterns in old age. *European journal of clinical pharmacology*. 1991;41(5):441-7.
68. Onder G, Pedone C, Landi F, Cesari M, Della Vedova C, Bernabei R, et al. Adverse drug reactions as cause of hospital admissions: results from the Italian Group of Pharmacoepidemiology in the Elderly (GIFA). *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002;50(12):1962-8.
69. Thürmann P, Schmiedl S. Pharmakotherapie alter Patienten. *Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 2011;106(1):16-23.
70. Viktil KK, Blix HS, Moger TA, Reikvam A. Polypharmacy as commonly defined is an indicator of limited value in the assessment of drug-related problems. *British journal of clinical pharmacology*. 2007;63(2):187-95.
71. Thürmann PA, Holt-Noreiks S, Nink K, Zawinell A. Arzneimittelversorgung älterer Patienten. *Versorgungs-Report*. 2012:111-30.
72. Steinman MA, Seth Landefeld C, Rosenthal GE, Berthenthal D, Sen S, Kaboli PJ. Polypharmacy and prescribing quality in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2006;54(10):1516-23.
73. Unützer J. Diagnosis and treatment of older adults with depression in primary care. *Biological psychiatry*. 2002;52(3):285-92.
74. Kaye AD, Baluch A, Scott JT. Pain management in the elderly population: a review. *Ochsner Journal*. 2010;10(3):179-87.
75. Gasser RW. Protonenpumpeninhibitoren und Osteoporoserisiko. *Journal für Mineralstoffwechsel & Muskuloskelettale Erkrankungen*. 2020;27(1):2-7.
76. de Souto Barreto P, Lapeyre-Mestre M, Mathieu C, Piau C, Bouget C, Cayla F, et al. Prevalence and associations of the use of proton-pump inhibitors in nursing homes: a cross-sectional study. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2013;14(4):265-9.
77. Heidelbaugh JJ, Kim AH, Chang R, Walker PC. Overutilization of proton-pump inhibitors: what the clinician needs to know. *Therapeutic advances in gastroenterology*. 2012;5(4):219-32.
78. Hanlon JT, Boudreau RM, Roumani YF, Newman AB, Ruby CM, Wright RM, et al. Number and dosage of central nervous system medications on recurrent falls in community elders: the Health, Aging and Body Composition study. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*. 2009;64(4):492-8.
79. Kuschel BM, Laflamme L, Möller J. The risk of fall injury in relation to commonly prescribed medications among older people—a Swedish case-control study. *The European Journal of Public Health*. 2015;25(3):527-32.
80. Van Der Velde N, Stricker BHC, Pols HA, Van Der Cammen TJ. Risk of falls after withdrawal of fall-risk-increasing drugs: a prospective cohort study. *British journal of clinical pharmacology*. 2007;63(2):232-7.
81. Panel AGSBCUE, Fick DM, Semla TP, Beizer J, Brandt N, Dombrowski R, et al. American Geriatrics Society 2015 updated beers criteria for potentially inappropriate medication use in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2015;63(11):2227-46.
82. Beers MH. Explicit criteria for determining potentially inappropriate medication use by the elderly: an update. *Archives of internal medicine*. 1997;157(14):1531-6.
83. Holt S, Schmiedl S, Thürmann PA. Potentially inappropriate medications in the elderly: the PRISCUS list. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2010;107(31-32):543.
84. Michalek C, Wehling M, Schlitzer J, Frohnhofen H. Effects of “Fit fOR The Aged”(FORTA) on pharmacotherapy and clinical endpoints—a pilot randomized controlled study. *European journal of clinical pharmacology*. 2014;70(10):1261-7.
85. Haasper C, Junge M, Ernstberger A, Brehme H, Hannawald L, Langer C, et al. Die abbreviated injury scale (AIS). *Der Unfallchirurg*. 2010;113(5):366-72.

86. Keller W, Dillihunt R, Fenner H, Jolley F, Keeney A, Weygandt P, et al. Rating the severity of tissue damage: I. The abbreviated injury scale. *JAMA*. 1971;215(2):277-80.
87. Gennarelli TA, Wodzin E. The abbreviated injury scale 2005. Update. 2008;20082008.
88. Baker SP, o'Neill B, Haddon Jr W, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1974;14(3):187-96.
89. Paffrath T, Lefering R, Flohé S. How to define severely injured patients? -- an Injury Severity Score (ISS) based approach alone is not sufficient. *Injury*. 2014;45 Suppl 3:S64-9.
90. Andruszkow H, Pape H-C, Sellei R, Hildebrand F. Prognose des polytraumatisierten Patienten. *Der Unfallchirurg*. 2013;116(5):451-64.
91. Senkowski CK, McKenney MG. Trauma scoring systems: a review¹². *Journal of the American College of Surgeons*. 1999;189(5):491-503.
92. Osler T, Baker SP, Long W. A Modification of the Injury Severity Score That Both Improves Accuracy and Simplifies Scoring. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1997;43(6):922-6.
93. Brennehan FD, Boulanger BR, McLellan BA, Redelmeier DA. Measuring Injury Severity: Time for a Change. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1998;44(4):580-2.
94. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *Journal of chronic diseases*. 1987;40(5):373-83.
95. Charlson M, Szatrowski TP, Peterson J, Gold J. Validation of a combined comorbidity index. *Journal of clinical epidemiology*. 1994;47(11):1245-51.
96. Saklad M, editor Grading of patients for surgical procedures. *The Journal of the American Society of Anesthesiologists*; 1941: The American Society of Anesthesiologists.
97. Fitz-Henry J. The ASA classification and peri-operative risk. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*. 2011;93(3):185-7.
98. Hackett NJ, De Oliveira GS, Jain UK, Kim JY. ASA class is a reliable independent predictor of medical complications and mortality following surgery. *International journal of surgery*. 2015;18:184-90.
99. Shorr RM, Rodriguez A, Indeck MC, Crittenden MD, Hartunian S, Cowley RA. Blunt chest trauma in the elderly. *The Journal of trauma*. 1989;29(2):234-7.
100. Bulger EM, Arneson MA, Mock CN, Jurkovich GJ. Rib fractures in the elderly. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2000;48(6):1040-7.
101. El-Menyar A, Latifi R, AbdulRahman H, Zarour A, Tuma M, Parchani A, et al. Age and traumatic chest injury: a 3-year observational study. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2013;39(4):397-403.
102. Poole Jr GV, Myers RT. Morbidity and mortality rates in major blunt trauma to the upper chest. *Annals of surgery*. 1981;193(1):70.
103. Ziegler DW, Agarwal NN. The morbidity and mortality of rib fractures. *The Journal of trauma*. 1994;37(6):975-9.
104. Janssens U, Michels G. Adrenalin bei Patienten mit prähospitalen Herz-Kreislauf-Stillstand. *Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 2019;114(1):63-7.
105. Segers P, Schil PV, Jorens P, Brande FVD. Thoracic trauma: an analysis of 187 patients. *Acta chirurgica Belgica*. 2001;101(6):277-82.
106. Veysi VT, Nikolaou VS, Paliobeis C, Efsthopoulos N, Giannoudis PV. Prevalence of chest trauma, associated injuries and mortality: a level I trauma centre experience. *International orthopaedics*. 2009;33(5):1425-33.
107. Elgar G, Smiley A, Latifi R. Major Risk Factors for Mortality in Elderly and Non-Elderly Adult Patients Emergently Admitted for Blunt Chest Wall Trauma: Hospital Length of Stay as an Independent Predictor. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(14):8729.
108. Kuswardhani RT, Henrina J, Pranata R, Lim MA, Lawrensia S, Suastika K. Charlson comorbidity index and a composite of poor outcomes in COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 2020;14(6):2103-9.

109. Degirmenci M. Factors related to clinical outcomes in blunt thoracic injuries. *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2022;1-8.
110. Alexander JQ, Gutierrez CJ, Mariano MC, Vander Laan T. Blunt chest trauma in the elderly patient: how cardiopulmonary disease affects outcome. *The American Surgeon*. 2000;66(9):855.
111. Barnea Y, Kashtan H, Skornick Y, Werbin N. Isolated rib fractures in elderly patients: mortality and morbidity. *Canadian Journal of surgery*. 2002;45(1):43.
112. Wutzler S, Bläsius FM, Störmann P, Lustenberger T, Frink M, Maegele M, et al. Pneumonia in severely injured patients with thoracic trauma: results of a retrospective observational multi-centre study. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2019;27(1):1-10.
113. Hammond T, Wilson A. Polypharmacy and falls in the elderly: a literature review. *Nursing and midwifery studies*. 2013;2(2):171.
114. Ziere G, Dieleman J, Hofman A, Pols HA, Van Der Cammen T, Stricker BC. Polypharmacy and falls in the middle age and elderly population. *British journal of clinical pharmacology*. 2006;61(2):218-23.
115. Weiner DK, Hanlon JT, Studenski SA. Effects of central nervous system polypharmacy on falls liability in community-dwelling elderly. *Gerontology*. 1998;44(4):217-21.
116. Butt D, Mamdani M, Austin P, Tu K, Gomes T, Glazier R. The risk of falls on initiation of antihypertensive drugs in the elderly. *Osteoporosis international*. 2013;24(10):2649-57.
117. Söderlund T, Ikonen A, Pyhältö T, Handolin L. Factors associated with in-hospital outcomes in 594 consecutive patients suffering from severe blunt chest trauma. *Scandinavian journal of surgery*. 2015;104(2):115-20.
118. Beshay M, Mertzluft F, Kottkamp HW, Reymond M, Schmid RA, Branscheid D, et al. Analysis of risk factors in thoracic trauma patients with a comparison of a modern trauma centre: a mono-centre study. *World journal of emergency surgery*. 2020;15(1):1-10.
119. Elmistekawy EM, Abd Almohsen MH. Isolated rib fractures in geriatric patients. *Annals of thoracic medicine*. 2007;2(4):166.
120. Battle C, Hutchings H, Bouamra O, Evans PA. The effect of pre-injury anti-platelet therapy on the development of complications in isolated blunt chest wall trauma: a retrospective study. *PLoS One*. 2014;9(3):e91284.
121. Battle CE, Hutchings H, James K, Evans PA. The risk factors for the development of complications during the recovery phase following blunt chest wall trauma: a retrospective study. *Injury*. 2013;44(9):1171-6.
122. Ang D, Kurek S, McKenney M, Norwood S, Kimbrell B, Barquist E, et al. Outcomes of geriatric trauma patients on preinjury anticoagulation: a multicenter study. *The American surgeon*. 2017;83(6):527-35.
123. Udekwu P, Roy S, Stiles A, Dibbert A, Nguyen M, Rice V. Impact of anticoagulant and antiplatelet use on outcomes in blunt chest injury. *The American Surgeon*. 2019;85(8):871-6.
124. Antonelli M, Moro ML, Capelli O, De Blasi RA, D'Errico RR, Conti G, et al. Risk factors for early onset pneumonia in trauma patients. *Chest*. 1994;105(1):224-8.
125. Battle CE, Hutchings H, Evans PA. Risk factors that predict mortality in patients with blunt chest wall trauma: a systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2012;43(1):8-17.
126. Brasel KJ, Guse CE, Layde P, Weigelt JA. Rib fractures: relationship with pneumonia and mortality. *Critical care medicine*. 2006;34(6):1642-6.
127. Van Vledder MG, Kwakernaak V, Hagenaars T, Van Lieshout EM, Verhofstad MH. Patterns of injury and outcomes in the elderly patient with rib fractures: a multicenter observational study. *European journal of trauma and emergency surgery*. 2019;45(4):575-83.
128. Stawicki SP, Grossman MD, Hoey BA, Miller DL, Reed III JF. Rib fractures in the elderly: a marker of injury severity. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2004;52(5):805-8.
129. Waydhas C, Nast-Kolb D. Thoraxtrauma. *Der Unfallchirurg*. 2006;109(10):881-94.
130. Hackl S, Berninger MT, Erichsen C, Lang M, Woltmann A. Sternumfrakturen–Rippenfrakturen. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*. 2018;13(06):571-92.
131. Sammy IA, Chatha H, Lecky F, Bouamra O, Frago-so-Iñiguez M, Sattout A, et al. Are first rib fractures a marker for other life-threatening injuries in patients with major trauma? A

- cohort study of patients on the UK Trauma Audit and Research Network database. *Emergency medicine journal*. 2017;34(4):205-11.
132. Cohn SM, DuBose JJ. Pulmonary contusion: an update on recent advances in clinical management. *World journal of surgery*. 2010;34(8):1959-70.
133. Schulz-Drost S, Finkbeiner R, Lefering R, Grosso M, Krinner S, Langenbach A, et al. Lung contusion in polytrauma: an analysis of the TraumaRegister DGU. *The Thoracic and Cardiovascular Surgeon*. 2021;69(08):735-48.
134. Huber S, Biberthaler P, Delhey P, Trentzsch H, Winter H, Van Griensven M, et al. Predictors of poor outcomes after significant chest trauma in multiply injured patients: a retrospective analysis from the German Trauma Registry (Trauma Register DGU®). *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2014;22(1):1-9.
135. Tyburski JG, Collinge JD, Wilson RF, Eachempati SR. Pulmonary contusions: quantifying the lesions on chest X-ray films and the factors affecting prognosis. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1999;46(5):833-8.
136. Eggeling S. Pneumothorax. *Allgemein-und Viszeralchirurgie up2date*. 2022;16(01):73-93.
137. Chastre J, Fagon J-Y. Ventilator-associated pneumonia. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2002;165(7):867-903.
138. Fadda RA, Ahmad M. Investigating patient outcomes and healthcare costs associated with ventilator-associated pneumonia. *Nursing Management*. 2021;28(5).
139. Ladbrook E, Khaw D, Bouchoucha S, Hutchinson A. A systematic scoping review of the cost-impact of ventilator-associated pneumonia (VAP) intervention bundles in intensive care. *American journal of infection control*. 2021;49(7):928-36.
140. Rello J, Ollendorf DA, Oster G, Vera-Llonch M, Bellm L, Redman R, et al. Epidemiology and outcomes of ventilator-associated pneumonia in a large US database. *Chest*. 2002;122(6):2115-21.
141. Roberts S, Skinner D, Biccard B, Rodseth R. The role of non-invasive ventilation in blunt chest trauma: systematic review and meta-analysis. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2014;40(5):553-9.
142. Hernandez G, Fernandez R, Lopez-Reina P, Cuenca R, Pedrosa A, Ortiz R, et al. Noninvasive ventilation reduces intubation in chest trauma-related hypoxemia: a randomized clinical trial. *Chest*. 2010;137(1):74-80.
143. Chiumello D, Coppola S, Froio S, Gregoretti C, Consonni D. Noninvasive ventilation in chest trauma: systematic review and meta-analysis. *Intensive care medicine*. 2013;39(7):1171-80.
144. Schönhofer B, Kühlen R, Neumann P, Westhoff M, Berndt C, Sitter H. Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz. *Pneumologie*. 2008;62(08):449-79.
145. Mica L, Keller C, Vomela J, Trentz O, Plecko M, Keel MJ. Obesity and overweight as a risk factor for pneumonia in polytrauma patients: a retrospective cohort study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2013;75(4):693-8.
146. Artigas AT, Dronda SB, Vallés EC, Marco JM, Usón MCV, Figueras P, et al. Risk factors for nosocomial pneumonia in critically ill trauma patients. *Critical care medicine*. 2001;29(2):304-9.
147. Kózka M, Segá A, Wojnar-Gruszka K, Tarnawska A, Gniadek A. Risk factors of pneumonia associated with mechanical ventilation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(2):656.
148. Dohrmann P, Böhle AS. Lungenkontusion. In: Henne-Bruns D, editor. *Duale Reihe Chirurgie*. 4., aktualisierte Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2012.
149. Pham T, Rubenfeld GD. Fifty years of research in ARDS. The epidemiology of acute respiratory distress syndrome. A 50th birthday review. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2017;195(7):860-70.
150. Villar J, Blanco J, Añón JM, Santos-Bouza A, Blanch L, Ambrós A, et al. The ALIEN study: incidence and outcome of acute respiratory distress syndrome in the era of lung protective ventilation. *Intensive care medicine*. 2011;37(12):1932-41.

9 Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater, _____, herzlich für die Möglichkeit dieser Dissertation, die Überlassung des Themas sowie die äußerst verlässliche Unterstützung.

Herrn _____ gilt weiterhin mein großer Dank für die ebenso intensive Betreuung dieser Arbeit.

Ihr standet mir mit Rat und Tat zur Seite und eine schnelle Antwort war immer gewiss – herzlichen Dank.

Mein Dank gilt außerdem meinen Liebsten, insbesondere meinem Ehemann.

10 Tabellarischer Lebenslauf