

Aus der
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

**Überprüfung der Empfehlung der S3 Leitlinie „Polytrauma
– Schwerstverletzten Behandlung“ bei Patient:Innen mit
Thoraxtrauma im Schockraum des Klinikum Stuttgart –
Katharinenhospital**

**Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Reccius, Lukas Emanuel

2026

Dekanin: Prof. Dr.med. S. Y. Brucker

1. Berichterstatter: Prof. Dr. M. Küper

2. Berichterstatter: Prof. Dr. C. Grasshoff

Tag der Disputation: 16.09.2026

Für meine Kinder, das größte Glück der Welt

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis	1
II.	Abbildungsverzeichnis	6
III.	Tabellenverzeichnis	8
IV.	Abkürzungsverzeichnis	11
1	Hintergrund dieser Forschungsarbeit.....	13
2	Einleitung	15
2.2	Abbreviated Injury Scale (AIS).....	16
2.2.1	Maximaler AIS Schweregrad (MAIS)	16
2.3	Injury Severity Score (ISS)	17
2.3.1	New ISS (NISS)	17
2.5	Definition Polytrauma	18
2.6	Schockraumkriterien	19
2.7	Thoraxtrauma	22
2.7.1	Pneumothorax.....	23
2.7.2	Diagnostik am Unfallort	25
2.7.3	Entlastung eines Pneumothorax	32
2.8	Fragestellung.....	35
3	Material und Methoden	37

3.1	Statistik.....	43
3.2	Einschlusskriterien:.....	44
3.3	Ausschlusskriterien:.....	44
3.4	Primärer Endpunkt:.....	45
3.5	Sekundärer Endpunkt:.....	45
4	Ergebnisse.....	46
4.1	Demographische Daten.....	46
4.1.1	Patientengeschlecht.....	46
4.1.2	Patientenalter.....	47
4.1.3	ASA – Klassifikation.....	48
4.1.4	Unfall Ursache.....	49
4.1.5	Trauma.....	50
4.1.6	Tod durch Trauma.....	51
4.1.7	Präklinische Versorgungszeit.....	52
4.1.8	Krankenhausverweildauer.....	55
4.1.9	Überleben bei Thoraxtrauma und präklinischer Thoraxdrainagen Anlage 56	
4.1.10	Überleben bei Thoraxtrauma und Thoraxdrainagen Anlage im Schockraum.....	57
4.1.11	Überleben in Abhängigkeit des Anlagezeitpunktes.....	59
4.1.12	Vergleich der ISS Werte.....	60

4.2	Patientenkollektive.....	62
4.2.1	Patient:Innen mit Thoraxtrauma	62
4.2.2	Präklinische Vitaldaten bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma	64
4.2.3	Demographische Daten bei Patient:Innen mit Intervention	66
4.2.4	Präklinische Vitalwerte und präklinische Intervention bei Vorliegen der Schockraumdiagnosen „Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax“ 70	
4.2.5	Vitalwerte bei präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage oder Durchführung einer Nadeldekompensation	74
4.2.6	Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum	80
4.2.8	Präklinische und im Schockraum erhobene Vitaldaten bei Patient:Innen mit Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum.....	84
4.2.9	Präklinische und Schockraumvitaldaten von Patient:Innen mit vs. Ohne Thoraxentlastung	94
4.2.10	Ermittlung notwendiger Thoraxentlastungen in der Präklinik.....	97
4.2.11	Vergleich des Überlebens zwischen Patient:Innen mit Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum vs. Verzicht auf Drainagen Anlage trotz hämodynamischer Notwendigkeit	98
4.2.12	Ermittlung von Cut-off Werten zur Indikation einer Thoraxentlastung	102
5	Diskussion und Limitationen	107
5.1	Demographische Daten.....	107
5.1.1	Geschlecht	107
5.1.2	Alter.....	107
5.1.3	ASA Klassifikation	107

5.1.4	Unfallursache	108
5.1.5	Trauma.....	108
5.1.6	Tod	108
5.1.7	Präklinische Versorgungszeiten	109
5.1.8	Krankenhausverweildauer	110
5.1.9	Sterblichkeit bei Thoraxtrauma und präklinischer Thoraxdrainagen Anlage	111
5.1.10	Vergleich der ISS-Werte	112
5.2	Patientenkollektive.....	113
5.2.1	Patient:Innen mit Thoraxtrauma	113
5.2.2	Präklinische Vitaldaten bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma	113
5.2.3	Demographische Daten bei Patient:Innen mit Thoraxdrainagen-Anlage 114	
5.2.4	Präklinische Durchführung einer Thorax-Entlastung	115
5.2.5	Vitalwerte bei präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage oder Nadeldekompression	116
5.2.6	Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum	117
5.2.7	Präklinische und Schockraum Vitaldaten im Vergleich.....	117
5.2.8	Vergleich der Vitaldaten mit vs. ohne Intervention	118
5.2.9	Ermittlung notwendiger Thorax Entlastungen in der Präklinik	118
5.2.10	Ermittlung von Cut-Off Werten zur Indikation einer Thorax-Entlastung 119	
5.3	Limitationen	121

I. Inhaltsverzeichnis

6	Zusammenfassung	123
7	References	126
8	Erklärungen zum Eigenanteil	131
9	Danksagung.....	132

II. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: AIS-Grad</i>	16
<i>Abbildung 2: Aktivierungskriterien bei ABCD Problem</i>	19
Abbildung 3: Aktivierungskriterien nach Verletzungen oder Maßnahmen	20
Abbildung 4: Kriterien nach Ausmaß der Verletzungen	20
Abbildung 5: Kriterien nach Unfallmechanismus	21
Abbildung 6: Kriterien bei geriatrischen Patienten.....	21
Abbildung 7: Normalbefund und Formen des Pneumothorax	23
<i>Abbildung 8: Schematische Darstellung Pneumothorax</i>	24
Abbildung 9: Formen des Pneumothorax.....	24
Abbildung 10: Empfehlungen Diagnostik am Unfallort	26
Abbildung 11: Thoraxsonographie Normalbefund	27
Abbildung 12: Thoraxsonographie Pneumothorax	28
Abbildung 13: Empfehlungen der S3 Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletztenbehandlung (Bieler and Gooßen, 2022).....	29
Abbildung 14: Empfehlungen bei V.a. Pneumothorax	30
Abbildung 15: Empfehlungen Diagnosestellung Spannungspneumothorax...	32
Abbildung 16: Anlage einer Thoraxdrainage	33
Abbildung 17: Flowchart Datengewinnung	38
Abbildung 18: Kaplan - Meier Analyse präklinische Thoraxdrainage.....	56

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 19: Kaplan - Meier Analyse Thoraxdrainage im Schockraum	57
Abbildung 20: Kaplan - Meier - Kurve männlicher Patienten Thoraxdrainage im Schockraum	58
Abbildung 21: Vergleich der Sterblichkeit Thoraxdrainage Präklinik vs. Schockraum.	59
Abbildung 22: Die Kaplan - Meier Analyse besseres Überleben Schockraum Drainage.	98

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kollektiv Geschlecht.....	46
Tabelle 2: Kollektiv Durchschnittsalter.....	47
Tabelle 3: ASA Klassifikation	48
Tabelle 4: Unfall Ursache	49
Tabelle 5: Art des Traumas. Geschlechtsspezifische Unterschiede.	50
Tabelle 6: Tod durch Trauma	51
Tabelle 7: Versorgungszeit Gesamt und bei Anlage präklinischer Thoraxdrainage	52
Tabelle 8: Versorgungszeit bei Thoraxdrainage im Schockraum.....	54
Tabelle 9: Krankenhausverweildauer.....	55
Tabelle 10: Vergleich der ISS6/16/25	60
Tabelle 11: Anteil Hämato-pneumo-/Pneumo-/Spannungspneumo- und Hämatothorax.....	63
Tabelle 12: Präklinische Vitalparameter bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma.	64
Tabelle 13: Vitalwerte ohne Reanimation.	65
Tabelle 14: Patientenalter präklinische vs. Schockraum Thoraxdrainage.	66
Tabelle 15: ASA Klassifikationen.	67
Tabelle 16: Ursache für eine Drainagepflicht.....	68
Tabelle 17: Art des Traumas.....	69

Tabelle 18: Präklinische Vitalwerte bei Patient:Innen mit der Schockraumdiagnose "Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax"	70
Tabelle 19: Präklinische Thoraxdrainage.....	71
Tabelle 20: Befunde bei präklinischer Thoraxdrainage.....	72
Tabelle 21: Durchführung einer Thoraxdrainage oder Nadeldekompression in der Präklinik	73
Tabelle 22: Präklinische Vitalwerte bei Patient:Innen mit Thoraxdrainage oder Nadeldekompression	75
Tabelle 23: Vitalwerte bei Diagnose Spannungspneumothorax und präklinischer Thoraxentlastung	76
Tabelle 24: Vitalwerte bei Diagnose Hämatothorax und präklinischer Thorax - Entlastung	77
Tabelle 25: Vitalwerte bei Vorliegen eines Hämato-pneumothorax und durchgeführter präklinischer Thorax – Entlastung.....	78
Tabelle 26: Bei Vorliegen eines Pneumothorax und präklinisch durchgeführter Thoraxentlastung zeigten sich die aufgeführten Vitalwerte.	79
Tabelle 27: Anzahl Thoraxdrainagen im Schockraum.	81
Tabelle 28: Bereits vorhandene Thoraxdrainagen/ Nadeldekompressionen bei Übernahme im Schockraum.....	82
Tabelle 29: Grund für Nadeldekompression	83
Tabelle 30: Präklinische Vitalwerte und erfasste Vitalwerte im Schockraum bei Patienten mit Anlage einer Drainage im Schockraum	86
Tabelle 31: Präklinische Vitalwerte und initiale Vitalwerte im Schockraum bei zu entlastendem Hämato-pneumothorax.	87
Tabelle 32: Vitalwerte bei Hämatothorax.....	89
Tabelle 33: Vitalwerte bei Pneumothorax	90

Tabelle 34: Vitalwerte Präklinik vs. Schockraum.	92
Tabelle 35: Vitaldaten aus Präklinik und Schockraum von Patient:Innen ohne Thoraxentlastung.	94
Tabelle 36: Präklinische Vitalwerte mit vs. ohne Thoraxentlastung.	95
Tabelle 37: Vitaldaten Schockraum mit vs. ohne Thoraxentlastung.	96
Tabelle 38: Mutmaßlich notwendige Thoraxentlastungen in der Präklinik.	97
Tabelle 40: Kreuztabelle Tod und präklinische Anlage einer Thoraxdrainage.	99
Tabelle 41: Thorax Drainage bei RTH Transport.	100
Tabelle 42: Präklinische Versorgungszeit in Abhängigkeit der präklinischen Drainagen Anlage.	101
Tabelle 43: Anlage Thoraxdrainage im Schockraum in Abhängigkeit der atemfrequenz.	105
Tabelle 44: Anlage Thoraxdrainage in Abhängigkeit der SpO2	106

IV. Abkürzungsverzeichnis

DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
eFAST	extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
EKG	Elektro Kardio Gramm
NIBD	Nicht Invasiver Blutdruck
SpO ₂	Periphere Sauerstoffsättigung
TR-DGU	TraumaRegister DGU®
AIS	Abbreviated Injury Scale
MAIS	Maximaler AIS
ISS	Injury Severity Score
NISS	New ISS
AAAM	Association for the Advancement of Automotive Medicine
MCL	Medio Clavicular Linie
VAL	Vordere Axillar Linie
MAL	Mittlere Axillar Linie
AF	Atemfrequenz
RR _{syst}	Systolischer Blutdruck
HF	Herzfrequenz
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
bpm	Beats per Minute
min	Minute
CI	Confidence Intervall
k.A.	keine Angaben
SD	Standard Deviation
vs.	versus
RTH	RettungsTransportHubschrauber
Bzw.	Beziehungsweise
Min	Minimum
Max	Maximum
BSI	Bleeding Risk Index
SI	Schock Index
REBOA	Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta

IV. Abkürzungsverzeichnis

RT	Resuscitative Thoracotomy
SBP	Systolic Blood Pressure
HR	Heart Rate
INR	International Normalized Ratio
CT	Computertomographie
s.o.	siehe oben
ASA	American Society of Anaesthesiologists
W	Weiblich
M	Männlich
SR	Schockraum

1 Hintergrund dieser Forschungsarbeit

„Bei unter 45 jährigen Patient:Innen stellt das schwere Trauma, verursacht durch Stürze oder Verkehrsunfälle, eine der häufigsten Todesursachen dar [1]. In Deutschland erleiden jährlich ca. 10 Millionen Menschen Unfallverletzungen. Zur kontinuierlichen Verbesserung der präklinischen und innerklinischen Versorgung schwerstverletzter und polytraumatisierter Patienten erhebt die Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) in einem standardisierten Erhebungsbogen seit vielen Jahren Daten im sogenannten TraumaRegister®. In diesem Register werden Daten zur präklinischen Versorgung, der Schockraumphase und der intensivmedizinischen Therapie erfasst. Auch Patient:Innen, welche im Rahmen eines Traumas im Schockraum oder im weiteren Verlauf versterben, werden erfasst. Über das Trauma Register DGU® der wurden 2021 35.747 Patient:Innen erfasst.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

„Sowohl in der präklinischen als auch in der innerklinischen Versorgung stellen polytraumatisierte Patient:Innen, bei denen mehrere potenziell lebensbedrohliche Verletzungen vorliegen, eine besondere Herausforderung dar. Das Thoraxtrauma stellt hierbei mit 45-46% die häufigste Verletzung polytraumatisierter Patient:Innen dar [2, DGU Daten 2019-2021]. Hauptsächlich stumpfe Thoraxtraumata, verursacht durch Hochrasanz-Unfälle oder Sturz aus großer Höhe, können Komplikationen wie Rippenfrakturen, Spannungs- und/ oder Pneumothorax, Hämato(pneumo)thorax, Lungenkontusionen oder Gefäßverletzungen nach sich ziehen [3].“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

„Mit eine der häufigsten Todesursachen bei Traumapatient:Innen stellt der nicht erkannte Spannungspneumothorax dar [4]. Eine zeitnahe Diagnostik und Therapie am Unfallort ist daher entscheidend. Die Empfehlung der S3-Leitlinie zur Versorgung schwerstverletzter und polytraumatisierter Patient:Innen sieht daher ein konsequentes Vorgehen bereits in der präklinischen Versorgung vor. Die klinische Untersuchung inklusive eFAST Sonographie sind essenziell. Das kontinuierliche Basismonitoring (EKG, NIBD, SpO₂) ist unverzichtbar um eine Verschlechterung frühzeitig zu erkennen [1]. Kommt es zum Beispiel im Rahmen eines Spannungspneumothorax zu einer vitalen Bedrohung, ist eine Nadeldekompression und anschließende Mini-Thorakotomie mit eventueller Drainagen-Anlage eine lebensrettende Maßnahme [5].“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Über die Jahre entstand im Rahmen der Schockraumversorgung schwerstverletzter und polytraumatisierter Patient:Innen am Klinikum Stuttgart der Eindruck, dass ein Teil der Patient:Innen mit relevantem Thoraxtrauma erst im Schockraum einen behandlungsbedürftigen Pneumothorax diagnostiziert und behandelt bekommen haben, obwohl es bereits präklinisch hätte Hinweise darauf geben können. Daraus ergab sich die Fragestellung der folgenden Arbeit: Wie häufig wurde ein vorhandener (Spannungs-) Pneumothorax übersehen und wäre in diesen Fällen eine präklinische Entlastung notwendig gewesen. „Weiterhin wird im Rahmen einer statistischen Analyse der Einfluss vom Zeitpunkt der Pneumothorax-Entlastung auf die Mortalität und die Krankenhausverweildauer untersucht.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

2 Einleitung

Allein in Deutschland erleiden jährlich circa 10 Millionen Patient:Innen Unfallverletzungen. Eine der häufigsten Todesursachen bei unter 45- Jährigen stellt dabei das schwere Trauma, hauptsächlich durch Verkehrsunfälle oder Stürze verursacht, dar [1]. Allein im Jahr 2021 wurden 35.747 Patient:Innen im Rahmen der offiziellen Einschlusskriterien im TraumaRegister DGU® (TR-DGU) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) erfasst. Die Aufnahme über einen Schockraum mit anschließender Intensivtherapie stellen die notwendigen Kriterien zur Erfassung im Trauma-Register dar. Selbst Patient:Innen, welche vor Erreichen der Intensivstation versterben werden erfasst. Da häufig auch weniger schwer verletzte Patienten erfasst werden, erfolgt seit 2015 die Auswertung der Registerdaten nur noch für das Basiskollektiv und nicht mehr für alle erfassten Patient:Innen [6].

Folgende Definition gilt für das Basiskollektiv:

„Alle Patienten mit einem MAIS ≥ 3 , sowie Patienten mit MAIS 2, die entweder verstorben sind oder auf der Intensivstation waren.“ [6]

MAIS steht für den „Maximalen AIS-Schweregrad“. Die Abbreviated injury scale (AIS) beziehungsweise vereinfachte Verletzungsskala stellt die Grundlage zur Errechnung zusammenfassender Schweregrad-Angaben (unter anderem MAIS, der „Injury Severity Score“ (ISS) oder der New ISS (NISS)) dar.

2.2 Abbreviated Injury Scale (AIS)

Die Abbreviated Injury Scale wurde Ende der 60iger Jahre zur besseren Kodierung mehrfachverletzter Patienten entwickelt. In dieser Skala werden alle „als relevant angesehenen Verletzungen bezüglich ihres Letalitätsrisikos“ bewertet [7]. Es handelt sich hierbei um eine Anatomie-basierte, mortalitätsgewichtete Skala zur Einschätzung der Verletzungsschwere [8]. Bis heute erlebte die AIS mehrfache Revisionen und Erweiterungen, um die Codierung mehrfach Verletzter zu verbessern und die Vergleichbarkeit der Letalität von Verletzungen einzelner Körperregionen zu optimieren. Die Aufteilung der Verletzungsschwere erfolgt in unterschiedliche Grade, von unverletzt (Grad 0) bis tödlich verletzt (Grad 6). Zur detaillierteren Erfassung existiert eine weitere Kategorie bei nichtvorhandener Kenntnis über die Verletzungsschwere (Grad 9 „Verletzung und deren Schwere unbekannt“) (Abbildung 1) [7].

AIS – Grad	Wertung der Verletzung	AIS – Grad	Wertung der Verletzung
0	Nicht als verletzt klassifiziert	4	Bedeutend, Überleben wahrscheinlich
1	Geringgradig	5	Kritisch, Überleben unsicher
2	Mäßig	6	Maximal, nach momentanem Stand der medizinischen Kunst nicht überlebar
3	Schwer	9	Verletzung und deren schwere unbekannt

Abbildung 1: AIS-Grad aus Hassper, C et al. Nach der AAAM-AIS von 2005 [7, 9]

2.2.1 Maximaler AIS Schweregrad (MAIS)

Unter der Voraussetzung, dass bei verletzten Patienten kein Grad 9 dokumentiert wurde, kann der maximale AIS Schweregrad (MAIS) ermittelt werden. Der MAIS Wert wird für einzelne Körperregionen (z.B. MAIS – Thorax) angegeben [7].

2.3 Injury Severity Score (ISS)

Aus dem AIS beziehungsweise aus dem MAIS lässt sich der Injury Severity Score (ISS) berechnen [8]. Beim ISS werden nur die schwersten Verletzungen einer Körperregion berücksichtigt. Hierbei kann es bei bestimmten Patienten zur Unterschätzung der Verletzungsschwere kommen [7].

2.3.1 New ISS (NISS)

Der NISS entspricht dem Quadrat der drei schwersten Einzel – AIS unter Ignoranz der Körperregion [7].

2.5 Definition Polytrauma

Als polytraumatisiert gelten Patient:Innen, bei denen mehrere Verletzungen vorliegen und die Kombination einzelner Verletzungen, oder eine einzelne Verletzung lebensbedrohlichen Charakter aufweisen [6, 10]. Im internationalen Konsens gelten Patient:Innen ab einem ISS ≥ 16 als schwerverletzt und damit potenziell als polytraumatisiert [6].

2014 publizierte Pape et al. eine überarbeitete Definition des polytraumatisierten Patienten. Demnach müssen Einzelverletzungen mit einem AIS > 3 in mindestens zwei Körperregionen vorliegen (ISS > 18), sowie ein Über- beziehungsweise Unterschreiten der fünf Kategorien arterieller Blutdruck, Bewusstsein, SäureBase-Haushalt, im Sinne einer Azidose, Koagulopathie, sowie Alter vorhanden sein [11]. Diese Definition ist inzwischen auch Bestandteil der Auswertung des Traumaregisters der DGU [6].

2.6 Schockraumkriterien

Entsprechend der 2022 überarbeiteten S3-Leitlinie zur Versorgung polytraumatisierter und schwerstverletzter Patienten soll die Alarmierung eines Schockraumteams bei Vorliegen eines relevanten A-, B-, C- oder D-Problems erfolgen (Abbildung 2). Besonders die in der Präklinik bereits erhobenen Parameter Herzfrequenz und systolischer Blutdruck nehmen als pathophysiologischer Surrogat Parameter einen besonderen Stellenwert ein. Eine Herzfrequenz >120 bpm, sowie ein systolischer Blutdruck < 90 mmHg waren signifikant mit einer (Massiv)Transfusion, relevanter Blutung und Notfalllaparotomie vergesellschaftet [13]. 50% aller Patienten, die in der präklinischen Phase oder unmittelbar bei Aufnahme eine Hypotonie zeigten, mussten unmittelbar operiert werden, oder wurden auf eine Intensivstation verlegt [14]. Insgesamt mussten 75% aller Patientin mit Hypotonie im Laufe des stationären Aufenthaltes operiert werden [14]. Auch Tinkoff et al., sowie Henry et al. wiesen eine deutlich erhöhte Mortalitätsrate, sowie die erhöhte Notwendigkeit einer Notfalloperation bei Vorliegen einer Hypotension, oder einer pathologischen Atemfrequenz <10 oder >29/ min, nach [15, 16].

2.2.4	Empfehlung	Neu 2022
Empfehlungsgrad A ↑↑	Bei folgenden pathologischen Befunden nach Trauma soll das Schockraumteam aktiviert werden: A/B - Problem <ul style="list-style-type: none"> Atemstörungen (SpO₂ <90%) /erforderliche Atemwegssicherung AF <10 oder >29 C - Problem <ul style="list-style-type: none"> systolischer Blutdruck <90 mmHg Herzfrequenz >120/min Schockindex >0,9 Positiver eFAST D - Problem <ul style="list-style-type: none"> GCS ≤12 E - Problem <ul style="list-style-type: none"> Hypothermie <35,0°C 	
Literatur, Evidenzgrad	[35] Bieler 2021: LoE LoE 2b [36] Brown 2015: LoE 2b [37] Hasler 2011: LoE 2b [38] Hasler 2012: LoE 2b [39] Lehmann 2009: LoE 2b [40] Shawhan 2015: LoE 2b [41] Singh 2014: LoE 2b [42] Tignanelli 2018: LoE 2b [43] Dehli 2016: LoE 3b↓ [44] Kalkwarf 2021: LoE 3b↓ [45] Werman 2011: LoE 3b↓	
	Konsensstärke: 94%	

Abbildung 2: Kriterien zur Aktivierung eines Schockraumteams bei bestehendem A,B,C oder D Problem nach [6]

Nicht nur bei vorliegendem A-/B-/C-/D-Problem sollte die Aktivierung des Schockraumteams erfolgen. Auch das Ausmaß an Verletzungen, sowie eventuell durchgeführte Interventionen sollen bei der Alarmierung einer Schockraumversorgung beachtet werden (Abbildung 3 bis 5).

2.2.5	Empfehlung	Neu 2022
Empfehlungsgrad A ↑↑	Bei folgenden Verletzungen oder Maßnahmen nach Trauma soll das Schockraumteam aktiviert werden: <ul style="list-style-type: none"> • instabiler Thorax • Mechanisch instabile Beckenverletzung • Vorliegen von penetrierenden Verletzungen der Rumpf-Hals-Region • Amputationsverletzung proximal der Hände/Füße • Sensomotorisches Defizit nach Wirbelsäulenverletzung • prähospital Intervention (erforderliche Atemwegssicherung, Thoraxentlastung, Katecholamingabe, Pericardiozentese, Anlage Tourniquet) 	
Literatur, Evidenzgrad	[39] Lehmann 2009: LoE 2b [40] Shawhan 2015: LoE 2b [42] Tignanelli 2018: LoE 2b [50] Heindl 2021: LoE 2b [43] Dehli 2016: LoE 3b↓ [44] Kalkwarf 2021: LoE 3b↓	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 3: Aktivierungskriterien nach Verletzungen oder Maßnahmen [6]

2.2.6	Empfehlung	Neu 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Bei folgenden Verletzungen nach Trauma sollte das Schockraumteam aktiviert werden: <ul style="list-style-type: none"> • Frakturen von 2 oder mehr proximalen großen Röhrenknochen • Verbrennungen >20% und Grad ≥2b 	
Literatur, Evidenzgrad	[51] Ichwan 2015: LoE 2b [43] Dehli 2016: LoE 3b↓	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 4: Kriterien nach Ausmaß der Verletzungen [6]

2.2.7	Empfehlung	Neu 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Bei folgenden zusätzlichen Kriterien sollte das Trauma-/Schockraumteam aktiviert werden: <ul style="list-style-type: none"> • (Ab)Sturz aus über 3 Metern Höhe • Verkehrsunfall (VU) mit Ejektion aus dem Fahrzeug oder Fraktur langer Röhrenknochen 	
Literatur, Evidenzgrad	[43] Dehli 2016: LoE 3b↓	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 5: Kriterien nach Unfallmechanismus [6]

Bei zunehmender Alterung der Gesamtbevölkerung und gleichzeitig steigendem Aktivitätsniveau innerhalb der über 65-jährigen wurden auch die Schockraumkriterien bei geriatrischen Patienten angepasst (Abbildung 6). Demnach soll die Alarmierung eines Schockraumteams bei geriatrischen Patienten generell großzügig erfolgen, da Kompensations- und Reaktionsmöglichkeiten des geriatrischen Körpers sich deutlich gegenüber dem des jüngeren Patienten unterscheiden. Hinzukommen die Einnahme von Medikamenten und das eventuelle Vorliegen von Multimorbidität. Verschiedene Arbeiten konnten einen deutlichen Anstieg der Mortalität bei über 60-jährigen Patienten bei vergleichbarer Verletzungsschwere gegenüber jüngeren nachweisen [17, 18].

2.2.9	Empfehlung	Neu 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Die Schockraumalarmierung bei geriatrischen Patienten nach relevantem Trauma sollte zusätzlich bei einem der folgenden Parametern erfolgen: <ul style="list-style-type: none"> • RRsys <100mmHg • bekanntes oder vermutetes Schädel-Hirn-Trauma und GCS ≤14 • 2 oder mehr verletzte Körperregionen • Fraktur eines oder mehrerer langer Röhrenknochen nach Verkehrsunfall 	
Literatur, Evidenzgrad	[51] Ichwan 2015: LoE 2b [55] Hranjec 2012: LoE 2b [45] Werman 2011: LoE 3b↓	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 6: Kriterien bei geriatrischen Patienten [6]

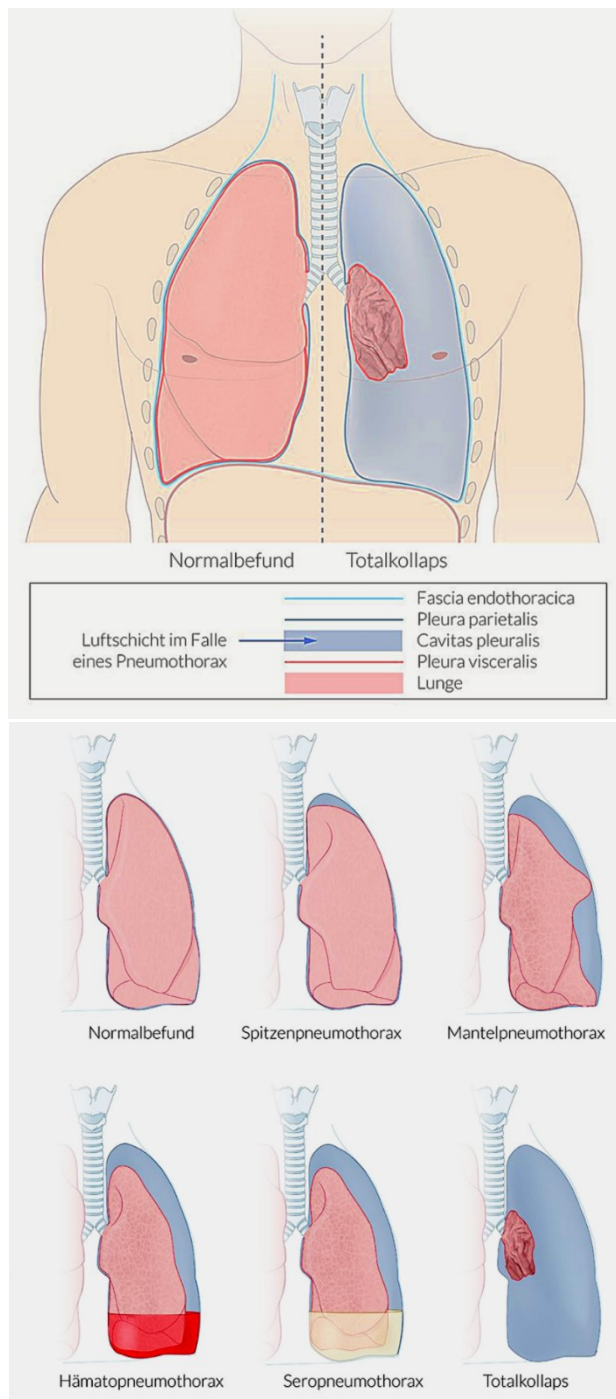
2.7 Thoraxtrauma

Mit 44,5% ist das Thoraxtrauma die häufigste Verletzung polytraumatisierter Patienten [2]. Selbst die DGU Trauma-Daten der Jahre 2019 – 2021 zeigten im Basiskollektiv beim Thoraxtrauma mit 46,1% den höchsten Anteil relevanter Verletzungen (AIS >3).

Bei einem Thoraxtrauma gilt es, zwischen stumpfen und penetrierenden Traumata zu unterscheiden. In über 90% der Fälle liegt ein stumpfes Thoraxtrauma vor, verursacht unter anderem durch ein Hochrasanztrauma oder einen Sturz aus großer Höhe [3]. In 5% liegt ein penetrierendes Thoraxtrauma durch Schuss- oder Stichverletzungen vor [3, 19]. Eine Analyse von 1.359 Patienten aus dem Jahr 2004 zeigte folgende Verletzungen nach Thoraxtraumata [20]:

- 49% Rippenfrakturen
- 20% Pneumothorax
- 12% Lungenkontusion
- 4% Gefäßverletzungen

2.7.1 Pneumothorax



Beim Pneumothorax handelt es sich um eine pathologische Luftansammlung zwischen der Pleura visceralis und der Pleura parietalis, verursacht durch Lungenparenchym- oder Brustwandverletzungen. Kommt es durch einen Ventilmechanismus zu einer Zunahme des Volumens im Pleuraspalt, kann es zu einer Spannungskomponente kommen. Die Zunahme von Dyspnoe, Tachykardie und Hypotonie sind Folgen der Kompression von Lunge und Herz. Liegen zusätzliche Gefäßverletzungen im Thorax vor, kann sich auch ein Hämato-Pneumothorax entwickeln (Abbildung 7 bis 9).

Abbildung 7: Normalbefund und Formen des Pneumothorax (Bearbeitet aus AMBOSS GmbH; Abbildung: Varianten des Pneumothorax, Kapitel: Pneumothorax; [Kapitel zuletzt aktualisiert am: 21.06.2024 ; Kapitel zitiert am: 06.07.2024 um 22:05 Uhr; URL: <https://next.amboss.com/de/article/vh0Aff?q=Pneumothorax&m=uNap1O>])

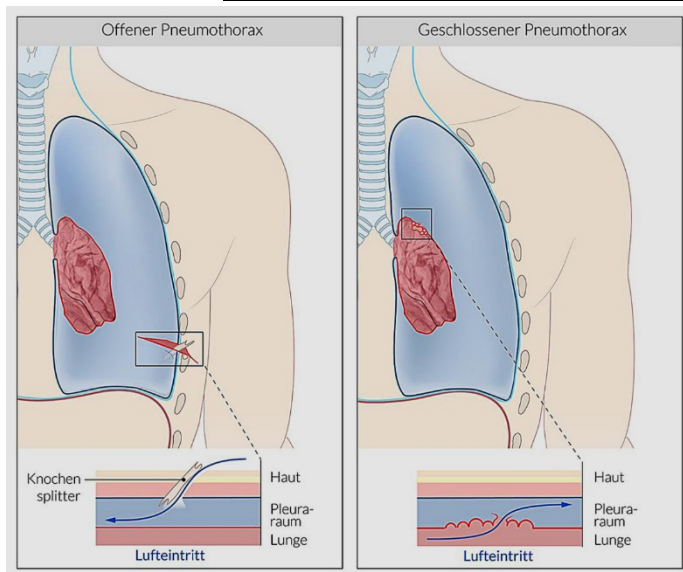


Abbildung 8: Schematische Darstellung eines offenen und geschlossenen Pneumothorax (Bearbeitet aus AMBOSS GmbH; Abbildung: Offener und geschlossener Pneumothorax, Kapitel: Pneumothorax; [Kapitel zuletzt aktualisiert am: 21.06.2024 ; Kapitel zitiert am: 06.07.2024 um 22:05 Uhr; URL: <https://next.amboss.com/de/article/vh0Aff?q=Pneumothorax&m=dNboZ8j>])

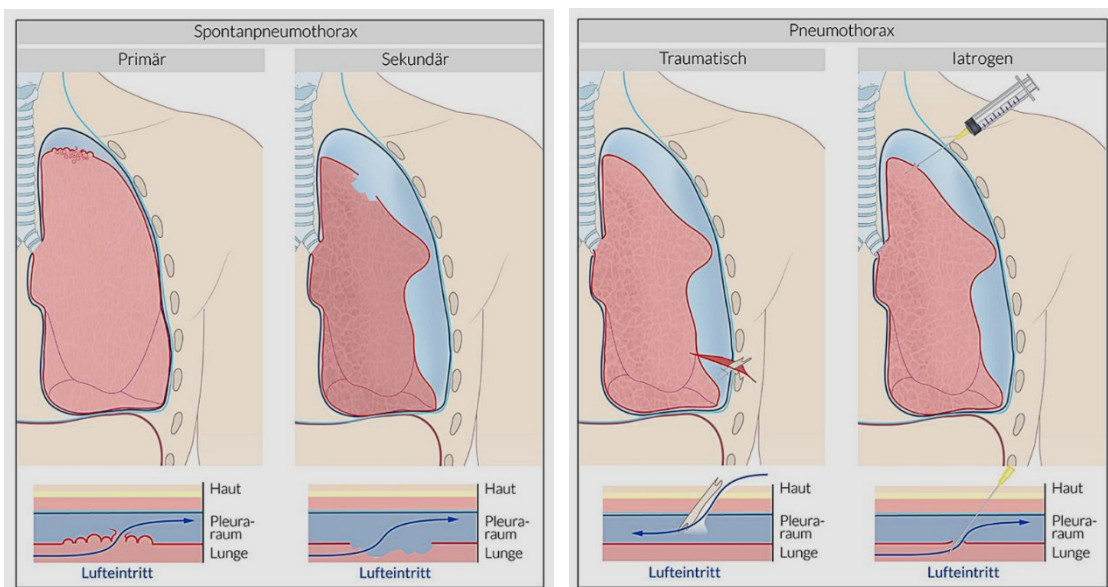


Abbildung 9: Links: Spontanpneumothorax, primärer durch kleinere Bullae im apikalen Bereich der Lunge, häufig bei jungen, lungengesunden Menschen, sekundär durch strukturelle Veränderungen des Lungengerüsts bei pulmonal vorerkrankten Menschen; Rechts: Traumatisch bedingt durch stumpfe, oder penetrierende Traumata, oder iatrogen durch Punktion oder Anlage zentralvenöser Katheter. (Bearbeitet aus AMBOSS GmbH; Abbildung: Ätiologie des Pneumothorax, Kapitel: Pneumothorax; [Kapitel zuletzt aktualisiert am: 21.06.2024 ; Kapitel zitiert am: 06.07.2024 um 22:05 Uhr; URL: <https://next.amboss.com/de/article/vh0Aff?q=Pneumothorax&m=FNag1Oj>])

2.7.2 Diagnostik am Unfallort

Die S3-Leitlinie zur Polytrauma-/Schwerstverletztenbehandlung sieht die Durchführung einer klinischen Untersuchung mit Auskultation, Inspektion, Palpation, dem Auszählen der Atemfrequenz und dem Messen der Sauerstoffsättigung (SpO_2) als Standarduntersuchung bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma vor. Bei beatmeten Patienten muss zusätzlich die Kapnometrie durchgeführt werden. Mit der 2022 überarbeiteten Leitlinie erhielt die Sonographie des Thorax am Unfallort mit einer Konsensstärke von 100% Einzug (Abbildung 10) [1]. Speziell die Auskultation, die Messung der Atemfrequenz, sowie die Abklärung eines Spontan- und Druckschmerzes erbringen ausreichende diagnostische Genauigkeit, um akut therapierelevante Informationen zu erbringen [21, 22]. Um eine dynamische Verschlechterung (eines Pneumothorax) zu erkennen, sollte das Monitoring mittels Pulsoxymetrie, sowie die Kapnometrie bei beatmeten Patient:Innen kontinuierlich fortgeführt und durch eine wiederholte körperliche Untersuchung ergänzt werden. Untersuchungen zeigen, dass die Sensitivität der in einer Notaufnahme durchgeführten Ultraschalluntersuchung des Thorax im Vergleich zu einer Standard- Röntgenuntersuchung fast doppelt so hoch war (91% vs. 47%) [23]. Auch im Vergleich mit einer Computer-Tomographie lag die Sensitivität der Thorax-Sonographie bei 81% [24]. Die Spezifität einer Sonographie des Thorax liegt bei 98-99% [1].

	Empfehlung	Geprüft 2022
Empfehlungsgrad A ↑↑	Eine klinische Untersuchung des Thorax und der Atemfunktion soll durchgeführt werden.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

1.5.2	Empfehlung	Geprüft 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Die Untersuchung sollte mindestens die Bestimmung der Atemfrequenz und die Auskultation der Lunge umfassen. Eine wiederholte Untersuchung sollte erfolgen.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

1.5.3	Empfehlung	Geprüft 2022
Empfehlungsgrad 0 ↔	Die Inspektion, die Palpation die Perkussion des Thorax sowie die Pulsoxymetrie und, bei beatmeten Patienten, die Überwachung des Beatmungsdrucks und der Kapnographie können hilfreich sein.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

1.5.4	Empfehlung	Neu 2022
Empfehlungsgrad 0 ↔	Eine prähospital Ultraschalluntersuchung des Thorax zum Nachweis bzw. Ausschluss eines Pneumothorax oder eines Perikardergusses kann durchgeführt werden.	
Literatur, Evidenzgrad	[1] Press 2014: LoE 2b [2] Quick 2016: LoE 2b	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 10: Empfehlungen der S3 Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletztenbehandlung [1]

Bei der Ultraschalluntersuchung wird das in der Notfallmedizin inzwischen etablierte eFAST-Protokoll angewendet. In Bezug auf die Ultraschalluntersuchung des Thorax, bzw. der Lunge soll der Ultraschallkopf am ventralsten Punkt des Thorax, idealerweise in der kraniokaudalen Achse platziert werden. Unterhalb der Brustmuskulatur kann die Pleuralinie im B-Mode dargestellt werden. Ist die Pleura intakt, erkennt man das Pleuragleiten. Ein Fehlen des Pleuragleitens ist der erste Hinweis auf das Vorliegen eines Pneumothorax. B-Linien (helle vertikale Linien, die bis an den Bildschirmrand reichen) weisen auf eine anliegende Pleura visceralis hin. Sind keine B-Linien erkennbar, kann, sofern es die hämodynamisch-respiratorische Gesamtsitua-

tion dies zulässt, nach dem sog. Lungenpunkt gesucht werden. Dieser Punkt zeigt den Übergang von anliegender Pleura und pathologischer Pleura an. Dieser Lungenpunkt ist beweisend für das Vorliegen eines Pneumothorax [25]. Im M – Mode können Bildartefakte zusätzlich visualisiert werden. Zeigt sich ein „Seashore Sign“, sind beide Pleurablätter anliegend (Abbildung 11), bei einem Pneumothorax stellt sich die Luftbrechung im Ultraschall als „Barcode Sign“ dar (Abbildung 12). In der hinteren Axillarlinie, unterhalb der Mamillen kann u.a. freie Flüssigkeit im Thorax detektiert werden [26].

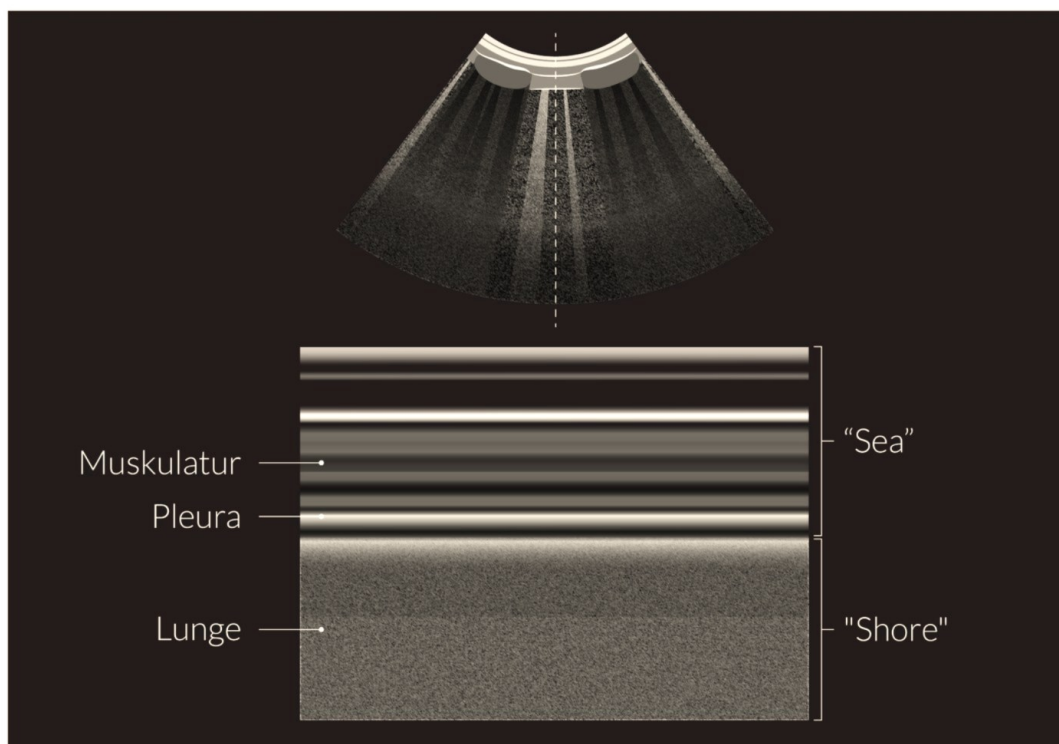


Abbildung 11: Schematische Darstellung der Thoraxsonographie im M-Mode bei anliegender Pleura. Zu erkennen ist das sog. "Seashore" Sign. (Bearbeitet aus AMBOSS GmbH; Abbildung: Seashore-Zeichen um M-Mode, Kapitel: Notfallsonographie; [Kapitel zuletzt aktualisiert am: 20.02.2024 ; Kapitel zitiert am: 24.07.2024 um 11:46 Uhr; URL:<https://next.amboss.com/de/article/mJ0VuS?q=Notfallsonographiem=MDYMUr#mY1Vp20>)

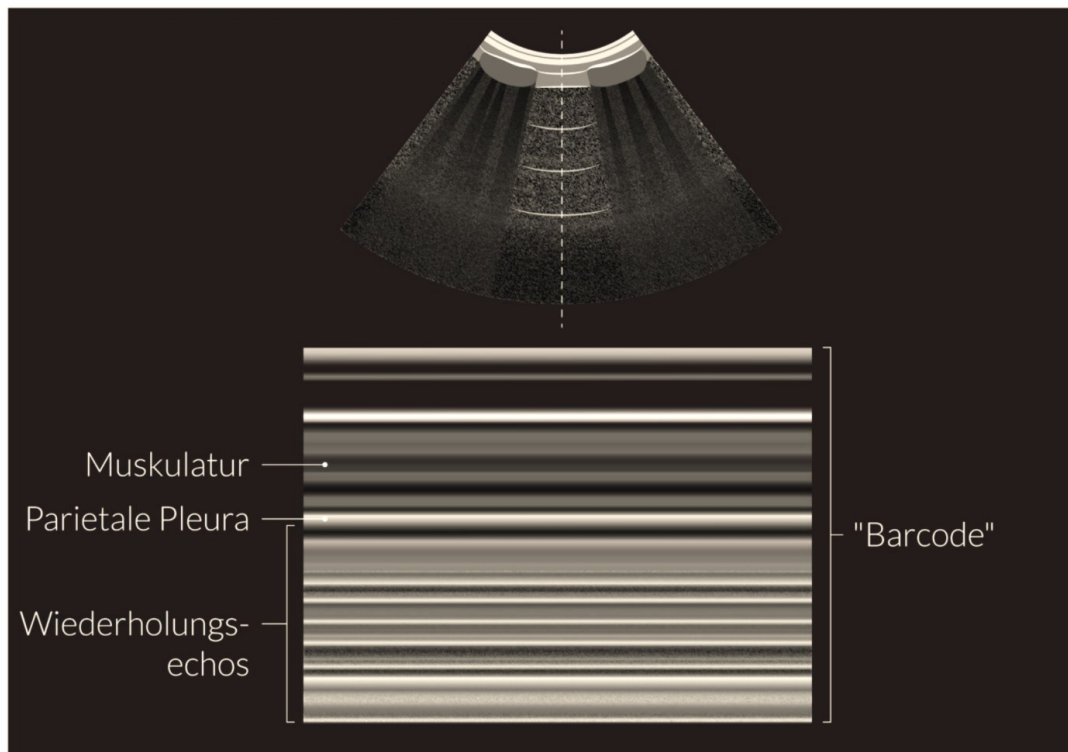


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Thoraxsonographie im M-Mode bei fehlendem Anliegen der Pleura (Pneumothorax). Zu erkennen ist das sog. "Barcode" Sign. (Bearbeitet aus AMBOSS GmbH; Abbildung: Barcode-Zeichen in der Lungensonographie, Kapitel: Notfallsonographie; [Kapitel zuletzt aktualisiert am: 20.02.2024 ; Kapitel zitiert am: 24.07.2024 um 11:46 Uhr; URL:<https://next.amboss.com/de/article/mJOVuS?q=Notfallsonographiem=IDYYr#mY1Vp20>)]

Ein einseitig abgeschwächtes Atemgeräusch in Verbindung mit Dyspnoe und/oder thorakalen Schmerzen macht das Vorliegen für einen Pneumothorax mit 90 – 99% wahrscheinlich [1]. Bei entsprechendem Trauma muss an das Vorliegen eines beidseitigen Pneumothorax gedacht werden [1].

1.5.5	Empfehlung	Modifiziert 2022
Empfehlungsgrad A ↑↑	Die Verdachtsdiagnose Pneumo- und/oder Hämatothorax soll bei einseitig abgeschwächtem oder fehlendem Atemgeräusch (nach Kontrolle der korrekten Tubuslage) oder beim Nachweis der sonografischen Zeichen gestellt werden.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

1.5.6	Empfehlung	Geprüft 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Die mögliche Progredienz eines kleinen, zunächst prähospital nicht diagnostizierbaren Pneumothorax sollte in Betracht gezogen werden.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 13: Empfehlungen der S3 Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletztenbehandlung (Bieler and Goßen, 2022)

Bei unentdeckten Pneumothoraces entwickelt sich in 6 – 9,5 % der Fälle eine Drainagepflicht [27]. Bei beatmeten Patient:Innen steigt die Rate der Drainagepflichtigkeit auf bis zu 14% an [28].

Kommt es zusätzlich zu den bereits genannten Befunden zu einer schweren respiratorischen oder zirkulatorischen Störung, muss die Verdachtsdiagnose eines Spannungspneumothorax gestellt werden (Abbildung 14). Hierbei stellen Atemnot und Tachykardie die typischen und häufigsten Symptome beim spontanatmenden Patienten dar. 45% der spontanatmenden Patienten mit Anzeichen für einen Spannungspneumothorax klagten über Thoraxschmerz zeigten eine Tachypnoe, sowie ein abgeschwächtes Atemgeräusch. Dyspnoe, sauerstoffpflichtige Hypoxie, Tachykardie und einen hypersonoren Klopfschall lagen bei 30 – 45% der Patienten vor [1].

1.5.7	Empfehlung	Geprüft 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Die Verdachtsdiagnose Spannungspneumothorax sollte gestellt werden bei einseitig fehlendem Atemgeräusch bei der Auskultation der Lunge (nach Kontrolle der korrekten Tubuslage) und dem zusätzlichen Vorliegen von typischen Symptomen insbesondere einer schweren respiratorischen oder zirkulatorischen Störung.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 14: Empfehlung der S3 Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletztenbehandlung (Bieler and Gooßen, 2022)

Untersuchungen zeigen, dass die Hypotension ein spätes Zeichen des Spannungspneumothorax ist. Bei beatmeten Patienten zeigen sich deutlich früher kardiozirkulatorische Symptome in Zusammenhang mit einem Pneumothorax. Ein abgeschwächtes Atemgeräusch, Hypotension und Hypoxie lagen bei beatmeten Patient:Innen ähnlich häufig vor, wie bei spontanatmenden. Oft bestanden auch Symptome, wie Tachykardie, Hautemphysem und Herzstillstand [29]. Stark erhöhte oder steigende Beatmungsdrücke sollten bei beatmeten Patienten als weiteres Symptom für einen (sich entwickelnden) Pneumothorax erkannt werden. Der Expertenkonsens der S3-Leitlinie zur Polytrauma-/Schwerstverletztenbehandlung ist, dass die Kombination aus (einseitig) aufgehobenem Atemgeräusch (bei korrekter Tubuslage) und vital bedrohlichen Funktionsstörungen des kardiopulmonalen Systems das Vorliegen eines Spannungspneumothorax so wahrscheinlich macht, dass die Diagnose gestellt und die entsprechende therapeutische Konsequenz gezogen werden sollte (Abbildung 14). Um weitere vermeidbare Zeitverzögerung zu verhindern, soll auf die Durchführung weiterer Diagnostik verzichtet werden [1].

Für die Definition eines behandlungsbedürftigen Pneumothorax/Spannungspneumothorax orientiert sich die Untersuchung an der Empfehlung der S3-Leitlinie zur Polytrauma-/Schwerstverletztenbehandlung (siehe Abbildung 14) [1]:

- Einseitig aufgehobenes Atemgeräusch (nach Kontrolle der korrekten Tubuslage)
- Zusätzliches Vorliegen einer schweren respiratorischen oder zirkulatorischen Störung

Im Datensatz des DGU Trauma-Registers werden keine Daten zu präklinischen Auskultationsbefunden erhoben, sodass sich die Studie ausschließlich auf die vorliegenden hämodynamischen Parameter bezieht.

2.7.3 Entlastung eines Pneumothorax

Der Zeitverlust durch den Transport in ein in unmittelbarer Nähe befindliches Krankenhaus stellt bei Vorliegen eines Pneumothorax eine nicht zu vertretende Zeitverzögerung dar. Liegen Zeichen einer kompromittierten Lungen- oder Kreislauffunktion vor, kann der Tod innerhalb weniger Minuten eintreten. Eine Dekompression bei Vorliegen eines Spannungspneumothorax ist in diesem Falle alternativlos. Bushby et al zeigten in einer Studie mit 336 Patient:Innen mit schwerem Trauma und Thoraxtrauma, dass 16 Patient:Innen aufgrund einer Thorax-Dekompression überlebten [30]. McPerson et al. analysierten Daten des Vietnamkrieges. Ursache bei drei bis vier Prozent der tödlichen Thoraxverletzungen war ein Spannungspneumothorax [4, 30]. Weiterhin ist ein nicht behandelter Pneumothorax eine der häufigsten, möglicherweise vermeidbaren Todesursachen [5].

1.5.11	Empfehlung	Geprüft 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Die Entlastung eines Spannungspneumothorax sollte durch eine einmalige Nadeldekompression oder eine sofortige Minithorakotomie erfolgen. Nach einer Nadeldekompression sollte zusätzlich eine chirurgische Eröffnung des Pleuraspaltes mit oder ohne Thoraxdrainage, erfolgen.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

1.5.12	Empfehlung	Geprüft 2022
Empfehlungsgrad B ↑	Ein Pneumothorax sollte – sofern die Indikation besteht – durch eine Thoraxdrainage behandelt werden.	
Literatur, Evidenzgrad	keine Änderung zu 2016	
	Konsensstärke: 100%	

Abbildung 15: Empfehlung der S3 Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletztenbehandlung (Bieler and Gooßen, 2022)

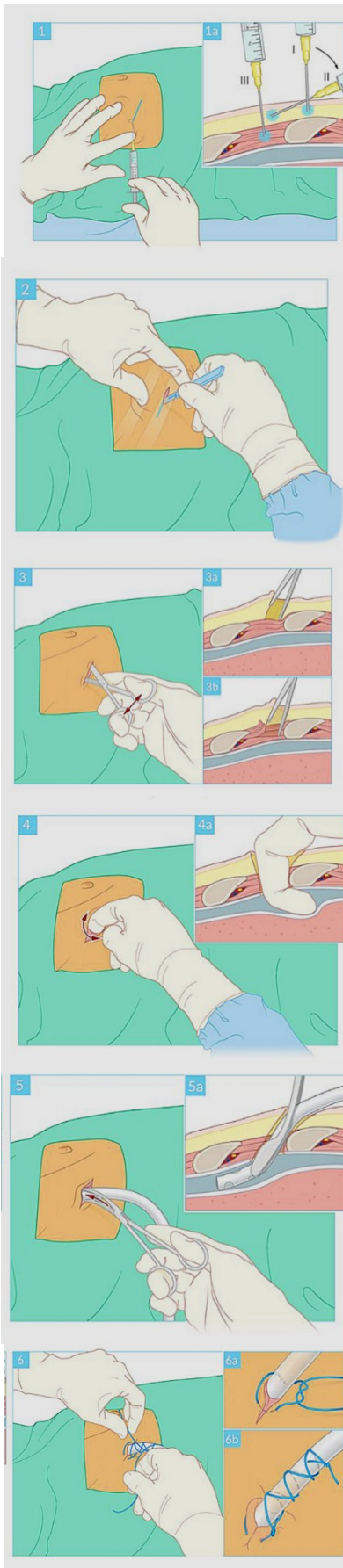


Abbildung 16: Schematische Darstellung der Anlage einer Thoraxdrainage. 1: Applikation der Lokalanästhesie. 2: Inzision über der Rippe. 3: Streng stumpfe Präparation über dem Rippenbogen mittel Schere und/oder Finger. 4: Stumpfes Durchstoßen der Pleura parietalis mit dem Finger. 5: Einführen der Drainage mit Hilfe einer Kornzange. 6: Nahtfixierung (Bearbeitet aus AMBOSS GmbH; Abbildung: Anlage einer Thoraxdrainage nach Bülow (Teil 2), Kapitel: Thoraxdrainage – Klinische Anwendung; [Kapitel zuletzt aktualisiert am: 27.10.2023 ; Kapitel zitiert am: 24.07.2024 um 12:02 Uhr; URL:

<https://next.amboss.com/de/article/P70WNh?q=Anlage+Thoraxdrainage&m=mJbVuu#mE1Vwi0>)

Die einfache Nadeldekompression im Bereich der Medio-Clavicular-Linie (MCL), oder der Vorderen-Axillar-Linie (VAL) ist eine schnelle und gut zu praktizierende Möglichkeit, einen vorliegenden Spannungspneumothorax (kurzfristig) zu entlasten. Hierbei ist die entsprechende Nadellänge (mind. 80mm Länge) entscheidend [1]. Dennoch stellt die Entlastung des Pneumothorax durch Anlage einer Drainage in der Mittleren-Axillar-Linie (MAL) die definitive Versorgung dar und sollte vor allem bei Versagen der Nadeldekompression durchgeführt werden (Abbildung 16). Eine Lokalanästhesie beim spontanatmenden Patienten sollte in Erwägung gezogen werden. Die Anlage der Thoraxdrainage erfolgt im „Safety-Triangle“ in der sogenannten Bülow – Position. Das Safety-Triangle wird durch den Musculus trapezius dorsal, den Musculus pectoralis ventral und durch die Mamillarlinie nach kaudal begrenzt. Nach erfolgter tiefer Hautinzision wird stumpf die Interkostalmuskulatur am Ober- rand der Rippe durchbohrt. Nach durchdringen der Pleura parietalis erfolgt entweder der Verschluss mittels Ventilverband oder die Einlage einer Drainage. Auf eine Annaht einer Drainage kann in der präklinischen Versorgung verzichtet werden. Die

Naht stellt für ungeübte eine größere Herausforderung dar, sodass daraus eine unnötige Zeitverzögerung entstehen kann. Die Fixierung mittels großer Pflasterstreifen oder alternativ die Verwendung der Defibrillations Klebeelektroden oder Chest-Seal Verbände sollte ausreichenden Halt bis zum Erreichen des übernehmenden Traumazentrums bieten. Liegt ein offener Hämato-Pneumothorax vor, so soll dieser mittels geeignetem Ventilverband versorgt werden [1].

2.8 Fragestellung

Im Rahmen der Versorgung polytraumatisierter oder schwerstverletzter Patient:Innen im Schockraum des Klinikum Stuttgart entwickelte sich im Laufe der Jahre der subjektive Eindruck, dass ein Teil der Patient:Innen mit relevantem Thoraxtrauma einen behandlungsbedürftigen (Spannungs-) Pneumothorax aufwiesen, welcher unverzüglich im Schockraum entlastet werden musste. Es stellte sich die Frage, ob bereits im präklinischen primary und/oder secondary Survey Hinweise auf einen entlastungswürdigen Befund vorlagen. In der vorliegenden Arbeit soll dieser Fragestellung analysiert werden. Nach Extraktion der Rohdaten wurden für die deskriptive Analyse folgende Fragen exploriert:

- Wie sind die präklinischen Vitalparameter bei Patienten, die im Schockraum die Diagnose „Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax“ erhalten
- Wie viele Patienten erhalten in der Präklinik eine Thoraxentlastung
- Wie waren die Vitalparameter der Patienten, die in der Präklinik eine Thoraxentlastung erhalten haben
- Wie viele Patienten erhalten im Schockraum eine Thoraxentlastung
- Wie viele der Patienten, die im Schockraum eine Thoraxentlastung erhalten haben, hätten diese bereits (aufgrund hämodynamischer und/ oder respiratorischer Instabilität) in der Präklinik erhalten sollen
- Wie viele Patienten erhalten in der Präklinik ausschließlich eine Nadeldekompression, ohne endgültige Therapie
- Haben Patient:Innen mit präklinisch vorliegender Indikation zur Anlage einer Thorax Entlastung einen schlechteren Verlauf, wenn die Anlage nicht präklinisch, sondern erst im Schockraum erfolgt

Im Rahmen einer inferenzstatistischen Analyse wurde folgende Nullhypothese formuliert:

- Je früher die Entlastung eines (Spannungs-) Pneumothorax erfolgt, desto niedriger ist die Krankenhausverweildauer und die Mortalität.

3 Material und Methoden

Teile des im Rahmen dieser Dissertation erhobenen Datensatzes wurden in einer weiterführenden Sekundäranalyse mit einem kombinierten Interventionsendpunkt sowie zusätzlichen multivariablen Regressions- und ROC-Analysen ausgewertet. Das daraus entstandene Manuskript wurde zur Publikation eingereicht.

„Für die Vorliegende Arbeit wurden nach Prüfung durch die Ethikkommission der Universitätsklinik Tübingen (Projekt-Nummer 673/2023BO2) die TR – DGU Daten des Klinikum Stuttgart ausgewertet“ (Artikel im Review Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine Submission ID 430c5ad9-8257-4718-9d03-97c4856190d8). Anhand der internen DGU Trauma Registerzahlen des Klinikum Stuttgart aus den Jahren 2018-2022 wurden alle polytraumatisierten Patient:Innen mit Thoraxtrauma identifiziert. „Bei den Rohdatensätzen des DGU Trauma-Registers aus den Jahren 2018-2022 konnten 1172 Patient:Innen erfasst werden. Insgesamt enthalten die Datensätze 5963 Diagnosen. Es wurden alle Diagnosedaten mit Thoraxtrauma (n=900) ermittelt. Nach Zusammenführung der Diagnosen zu den passenden Patienten ID und der Selektion nach Einschlusskriterien wurde ein Kollektiv von n = 414 Patient:Innen erfasst (Abbildung 17).“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emerge)

Die Ein- und Ausschlusskriterien werden unter 2.1 und 2.2 erläutert.

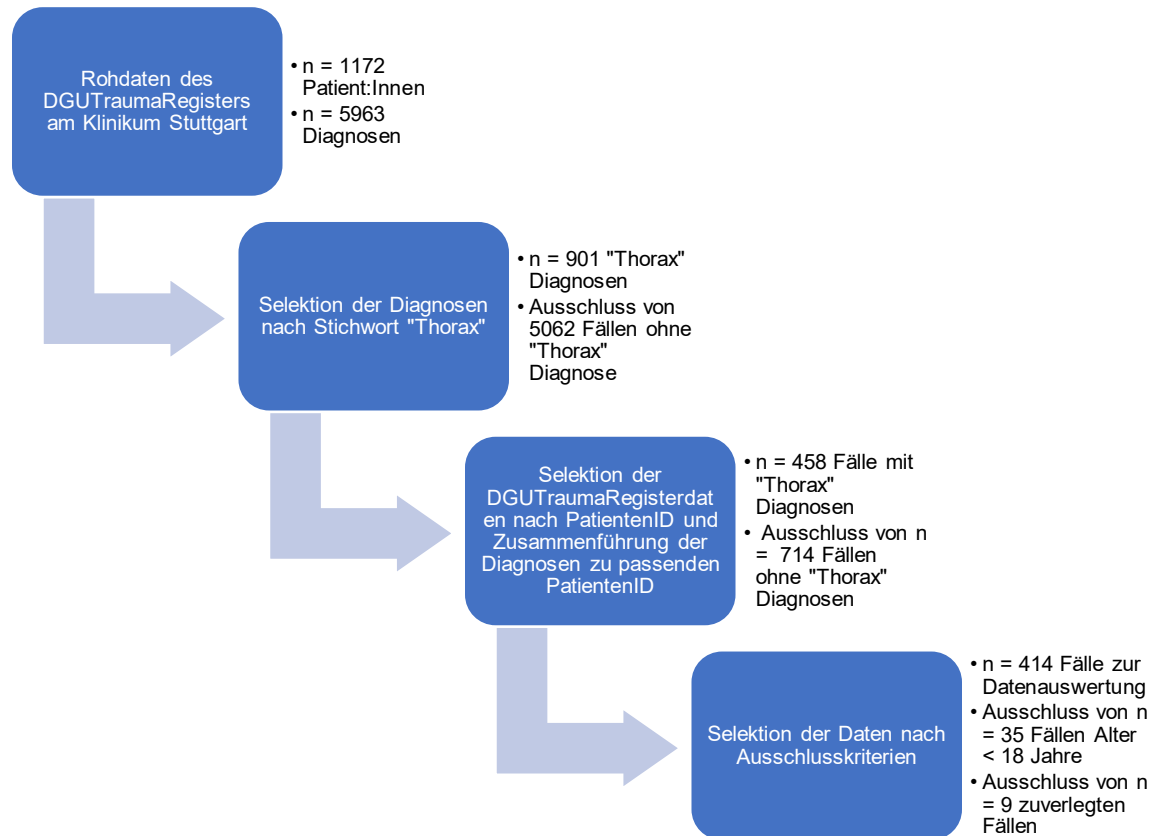


Abbildung 17: Flowchart Datengewinnung: Von n = 1.172 Patient:Innen mit n = 5963 Diagnosen wurden nach Selektion der „Thorax“ Diagnosen und Ausschlusskriterien n = 414 Fälle zur Datenauswertung ermittelt. (Artikel im Review Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine Submission ID 430c5ad9-8257-4718-9d03-97c4856190d8)

Die aufgeführten „Thorax“ Diagnosen können in der AIS-Kurzfassung Version 2005 (Update 2008) – Stand 5/22 nachgelesen werden. [31]

In einzelnen AIS Gruppen wurden zum Teil keine Patient:Innen im DGU Trauma Register erfasst, sodass einzelne Gruppen zusammengefasst wurden. Im Folgenden werden die Hauptgruppen näher beschrieben:

OP_DIAG_GEFÄßVERLETZUNG (Hauptgruppe 4.4 Gefäße, Thorax):

- Aorta
- A.pulmonalis
- A.subclavia oder A.brachiocephalicus
- Andere arterielle Gefäße, Thorax
- Große thorakale Venen (pulmonalis, cava, subclavia)
- Andere venöse Gefäße, Thorax

OP_DIAG_HERZKONTUSION (Untergruppe 4.1.2 Herz und Untergruppe 4.1.3 Perikard)

- Kontusion
- Schwere Kontusion (bestätigt, EF < 25%)
- Verletzung, ohne Perforation
- Verletzung, mit Perforation
- Verletzung im Herzen (Klappen, Septum, ...)
- Verletzung, massiv, mit Ventrikelruptur, oder >50% Gewebeverlust einer Kammer; oder Abriss
- Verletzung, Punktion
- Hämoperikard, ohne Tamponade
- Hämoperikard, mit Tamponade, aber ohne Herzverletzung
- Hämoperikard, mit Herniation

OP_DIAG_HÄMATOPNEUMOTHORAX (Untergruppe 4.1.1.3 Hämato-/Pneumothorax)

- Hämato-pneumothorax
- Hämato-pneumothorax, schwer (>1000 ml Blutverlust auf mind. einer Seite)

OP_DIAG_HÄMATOTHORAX (Untergruppe 4.1.1.3 Hämato-/Pneumothorax)

- Hämatothorax
- Hämatothorax, schwer (>1000 ml Blutverlust auf mind. einer Seite)

OP_DIAG_PNEUMOMEDIASTINUM (Untergruppe 4.1.1.3 Hämato-/Pneumothorax)

- Pneumo-Mediastinum

OP_DIAG_PNEUMOTHORAX (Untergruppe 4.1.1.3 Hämato-/Pneumothorax)

- Pneumothorax
- Pneumothorax, schwer (>50% Kollaps)

OP_DIAG_SPANNUNGSPNEUMOTHORAX (Untergruppe 4.1.1.3 Hämato-/Pneumothorax)

- Spannungspneumothorax

OP_DIAG_LUNGENKONTUSION (Untergruppe 4.1.1.1 Kontusion, Lunge)

- Einseitig, mäßig schwer (< 1 Lappen betreffend)
- Einseitig, schwer (≥ 1 Lappen betreffend)
- Beidseitig, mäßig schwer (< 1 Lappen betreffend)
- Beidseitig, schwer (≥ 1 Lappen betreffend)

OP_DIAG_PARENCHYMVERLETZUNG_LUNGE (Untergruppe 4.1.1.2 Parenchymverletzung, Lunge)

- Einseitig, mäßig schwer (< 1 Lappen betreffend)
- Einseitig, schwer (≥ 1 Lappen betreffend)
- Beidseitig, mäßig schwer (< 1 Lappen betreffend)
- Beidseitig, schwer (≥ 1 Lappen betreffend)

OP_DIAG_MEDIASTINALORGANE&DIAPHRAGMA

- 4.1.4 Trachea und Bronchialsystem
- 4.1.5 Ösophagus (Thorax-Bereich, sonst unter „Hals“ codiert)
- Zwerchfell/ Diaphragma
- Thymusdrüse

OP_DIAG_RIPPENFRAKTUR (Untergruppe 4.2.1 Rippen)

- Fraktur, 1 Rippe

OP_DIAG_RIPPENSERIENFRAKTUR (Untergruppe 4.2.1 Rippen)

- Fraktur, 2 Rippen
- Fraktur ≥ 3 Rippen
- Mehrfragment-Frakturen von 3-5 Rippen (instabiler Thorax), einseitig
- Mehrfragment-Frakturen von >5 Rippen (instabiler Thorax), einseitig
- Mehrfragment-Frakturen (instabiler Thorax), beidseitig

OP_DIAG_STERNUM_FRAKTUR (Untergruppe 4.2.2 Sternum)

- Kontusion
- Fraktur

OP_DIAG_PENETRIERENDE_TXVERLETZUNG (Hauptgruppe 4.6 Penetrierende Verletzungen (Schuss, Stich), Thorax)

- Oberflächlich penetrierende Thoraxverletzungen
- Penetrierende Verletzungen mit Gewebeverlust $> 100 \text{ cm}^2$
- Penetrierende Verletzungen mit Blutverlust $> 20\%$ des Blutvolumens

OP_DIAG_WEICHTEILVERLETZUNG_TX

- Hauptgruppe 4.2.3 Thoraxwand
- Hauptgruppe 4.3 Weichteilverletzungen, Thorax

Folgende Gruppen wurden für diese Arbeit nicht erfasst:

- Untergruppe 4.1.1.4 Inhalationstrauma
- Hauptgruppe 4.5 Nerven, Thorax

Für diese Studie wurden die in der S3 Leitlinie genannten Parameter zur Feststellung einer respiratorischen oder zirkulatorischen Störung definiert [1], S. 173:

- Atemfrequenz (AF) >29
- Systolischer Blutdruck (RR_{syst}) < 90 mmHg
- Herzfrequenz (HF) >120/ min
- Sauerstoffsättigung (SpO_2) < 90%

3.1 Statistik

„Die erhobenen Daten wurden über das Statistikprogramm SPSS Version 30.0.0.0 von IBM analysiert. Im Kontext der Studie werden ausschließlich die Patient:Innen mit den Diagnosen „Hämatopneumothorax“, „Pneumothorax“ und „Spannungspneumothorax“ betrachtet. In diesem Kollektiv ist eine Intervention im Sinne einer Thoraxdrainage/ Thorax-Entlastung eine potenziell lebensrettende Maßnahme. Bei Vorliegen eines Hämatothorax erfolgt in Abhängigkeit der Ergussmenge die Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum. Diese Patient:Innen werden in die Subgruppe „Anlage Thoraxdrainage im Schockraum“ mit ein geschlossen.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

„Folgende statistischen Test wurden durchgeführt:

- Deskriptive Statistik mit Häufigkeitsanalysen, Angaben zu Minimum, Maximum, Mittelwert, Median, Standardabweichung
- Kaplan-Meier-Analysen bei Durchführung einer präklinischen Thorax-Entlastung und der Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum unter Angabe des Log Rank, Breslow und Tarone-Ware Tests
- Kreuztabellen Testung mit Ermittlung des Pearson Chi-Quadrat Test
- Durchführung des Shapiro-Wilk-Test zur Überprüfung einer Normalverteilung, Berechnung von p-Werten mittels Mann-Whitney-U- und t-Test
- Testung nichtparametrischer Korrelationen mittels Spearman-Rho
- Korrelationsanalysen mittels Pearson Produkt Moment (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

3.2 Einschlusskriterien:

- „Polytraumatisierte Patient:Innen über 18 Jahre, die im Schockraum des Klinikum Stuttgart aufgenommen worden sind.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)
- Patient:Innen mit Thoraxtrauma

3.3 Ausschlusskriterien:

- „Verlegungen aus regionalen Traumazentren“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective

TraumaRegister DGU® study', eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

3.4 Primärer Endpunkt:

Anlage von Thoraxdrainagen im Schockraum, die bei hämodynamischer Instabilität (s.o.) und Thoraxtrauma bereits präklinisch hätten gelegt werden sollen

3.5 Sekundärer Endpunkt:

Mortalität im Krankenhaus und Krankenhausliegedauer in Abhängigkeit einer durchgeführten Entlastung.

4 Ergebnisse

4.1 Demographische Daten

4.1.1 Patientengeschlecht

	Häufigkeit in n =	Relative Häufigkeit in %
Männlich	317	76,8
Weiblich	97	23,2

Im erhobenen Zeitraum wurden 317 Patient:Innen männlichen Geschlechts (76,6%) und 97 Patient:Innen weiblichen Geschlechts (23,4%) mit einem Thoraxtrauma über den Schockraum des Klinikum Stuttgart aufgenommen. (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a

retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Tabelle 1: Anteil an männlichen und weiblichen Patient:Innen innerhalb des dokumentierten Zeitraumes im Gesamtkollektiv n= 414

4.1.2 Patientenalter

Minimum	18,0	Im Durchschnitt waren die Patient:Innen 52,3 Jahre alt ($\pm 20,2$ Jahre). Der jüngste war 18 Jahre alt (Einschlusskriterium Alter > 18 Jahre), der älteste 96 Jahre. (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts 'Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study', eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)
Maximum	96,0	
Mittelwert	52,2	
Standartabweichung	20,2	

Tabelle 2: Patientenalter. Durchschnittsalter 52,3 Jahre, Mindestalter 18, maximales Alter 96 Jahre im Gesamtkollektiv n= 414

4.1.3 ASA – Klassifikation

	Häufigkeit in n=	Relative Häufigkeit in %
ASA I	161	61,5
ASA II	56	21,4
ASA III	43	16,4
ASA IV	2	0,8
Gesamt	262	100

Dokumentiert wurden die ASA Klassifikationen I bis IV. Bei 151/414 Patient:Innen (36,5%) wurde keine ASA Klassifikation erhoben. Für die folgende Analyse wurden nur dokumentierte Fälle eingeschlossen. Mit ASA I wurden 161/262 Fälle dokumentiert (61,5%). 56/262 Fälle (21,4%) wiesen leichte Einschränkungen auf (ASA II). Bei 43/262 Fällen wurde die ASA Klassifikation III dokumentiert (schwere systemische Erkrankung) (16,4%). Für die ASA IV Klassifikation wurden 2/262 Fälle erfasst (0,8%). (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts
,Prehospital physiologic parameters

associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study', eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Tabelle 3: ASA Klassifikation

4.1.4 Unfall Ursache

	Häufigkeit in n= (m/w)	Relative Häufigkeit in % (m/w)	p - Wert
Unfall	337 (270/67)	82,6 (85,7/72,0)	
Verdacht auf Gewaltverbrechen	20 (16/4)	4,9 (5,1/4,3)	
Verdacht auf Suizid	51 (29/22)	12,5 (9,2/23,7)	
Gesamt	408 (315/93)	100	0,001

In 1,4% (6/414) wurde keine Unfall Ursache dokumentiert. Diese wurden für die folgende Analyse ausgeschlossen. 82,6% (337/408) Patient:Innen erlitten einen Unfall, ohne Hinweise auf ein Gewaltverbrechen. Bei 4,9% der dokumentierten Patient:Innen lag der Verdacht auf ein Gewaltverbrechen vor (20/408). 12,5% der Patient:Innen wurden aufgrund des Verdachts auf Suizid eingeliefert (51/408).

Tabelle 4: Unfall Ursache

Die Analyse der Unfallursache nach Geschlecht zeigt folgende Werte: 315/408 Fällen waren männlichen Geschlechts, 93/408 weiblich (p-Wert 0,001, statistisch signifikant). Wie bereits oben beschrieben erlitt der Großteil der Fälle einen Unfall (m: 270/315 (85,7%), w: 67/93 (72,0%)) gefolgt von Verdacht auf Suizid (m: 29/315 (9,2%), w: 22/93 (23,7%)) und Verdacht auf Gewaltverbrechen (m: 16/315 (5,1%), w: 4/93 (4,3%)).

4.1.5 Trauma

	Häufigkeit in n= (m/w)	Relative Häufigkeit in % (m/w)	p - Wert
Stumpf	374 (287/87)	94,20 (93,8/95,6)	
Penetrierend	23 (19/4)	5,80 (6,2/4,4)	
Gesamt	397 (306/91)	100,0	0,516

23/397 Patient:Innen erlitten ein penetrierendes Trauma (5,8%). In 374/397 Fällen kam es zu einem stumpfen Trauma (94,2%). Bei 17/414 Patient:Innen fehlen die Angaben zur Art des Traumas. (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘,

eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Tabelle 5: Art des Traumas. Geschlechtsspezifische Unterschiede.

Die Aufteilung nach Geschlecht zeigt folgende Unterschiede: In 306/397 der Fällen waren die Patient:Innen Männlich. In 91/397 Fällen weiblich. 93,8% (287/306) der männlichen Patient:Innen erlitten ein stumpfes, 6,2% (19/306) ein penetrierendes Trauma. 87/91 der weiblichen Patient:Innen erlitten ein stumpfes, 4,4% (4/91) ein penetrierendes Trauma. Im Pearson Chi-Quadrat Test zeigte sich mit einem p-Wert von 0,516 keine signifikanten Unterschiede.

4.1.6 Tod durch Trauma

	Häufigkeit in n= (Relative Häufigkeit in %)		p - Wert	13,0% der Patient:Innen (54/414) verstarben im während des Krankenhausaufenthaltes. 39/54 verstorbene waren männlichen Geschlechts, 15/54 weiblichen Geschlechts. Mit einem p-Wert von 0,391 zeigte sich kein signifikanter Unterschied. (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a
Ja	54 (13,0)			
Nein	360 (87,0)			
Gesamt	414 (100,0)			
	Männlich	Weiblich		
Verstorben	39 (12,3)	15 (15,6)	0,391	

retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Tabelle 6: Im Zeitraum von 2018 bis 2022 verstarben insgesamt 54 Patient:Innen, 39 männlichen und 15 weiblichen Geschlechts.

4.1.7 Präklinische Versorgungszeit

„Die präklinische Versorgungszeit aller Patient:Innen mit Thoraxtrauma lag im Mittel bei 48:28 Minuten.

	Präklinische Versorgungszeit in Minuten (n=300)	Präklinische Versorgungszeit in Minuten ohne Thoraxentlastung (n=200)	Präklinische Versorgungszeit in Minuten bei Anlage einer präklinischen Thoraxdrainage (n=26)
Minimum	11:00	15:00	22:00
Maximum	195:00	195:00	109:00
Mittelwert	48:28	48:54	59:23
Median	46:00	46:00	60:00
Standartabweichung	18:48	18:58	17:51
p – Wert Shapiro – Wilk – Test		<0,001	0,467

Tabelle 7: Im Mittel benötigte die präklinische Versorgung von Eintreffen des Notarztes bis Eintreffen im Schockraum 48:28 Minuten. Wurde eine Thoraxdrainage präklinische angelegt lag die durchschnittliche Versorgungszeit der Patient:Innen bei 59:23 Minuten.

Erfolgte die Trauma-Versorgung ohne Durchführung einer Thoraxentlastung lag die mittlere Versorgungszeit bei 48:54 Minuten. Mit einem $p = 0,467$ im Shapiro-Wilk-Test zeigte sich eine Normalverteilung. Wurde präklinisch eine Thoraxdrainage angelegt, lag die präklinische Versorgungszeit im Mittel bei 59:23 Minuten. Im Shapiro-Wilk-Test zeigt sich für die präklinische Versorgungszeit keine Normalverteilung ($p < 0,001$).“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Im Mann-Whitney-U-Test lag mit einem $p < 0,001$ ein signifikanter Unterschied der Versorgungszeit vor, wenn keine Intervention im Sinne einer Thoraxentlastung ($M_{\text{Rang}} = 141,15$) notwendig war (Patient:Innen mit präklinischer Intervention $M_{\text{Rang}} = 201,23$) . ($U=2035,000$; $Z = -3,364$; Exakte Signifikanz $p < 0,001$, $r = -0,203$).

Kam es im Schockraum zu einer Anlage einer Thoraxdrainage, lag die präklinische Versorgungszeit im Mittel bei 45:18 Minuten. Im Mann-Whitney-U-Test zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede ($U = 7392,500$; $Z = -1,609$; $p = 0,108$; $r = -0,094$) zwischen den Patient:Innen mit ($M_{\text{Rang}} = 135,01$) beziehungsweise ohne Drainagen-Anlage im Schockraum ($M_{\text{Rang}} = 153,24$). Vergleicht man die Versorgungszeit der Patient:Innen mit präklinischer Intervention und derer mit Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum, zeigt sich im Shapiro-Wilk-Test eine Normalverteilung. Mit einem $p < 0,001$ im t-Test lag in allen drei Gruppen ein statistisch signifikanter Unterschied vor.

	Präklinische Versorgungszeit in Minuten ohne Thoraxentlastung (n=200)	Präklinische Versorgungszeit in Minuten bei Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum (n = 77)	Präklinische Versorgungszeit in Minuten bei Anlage einer präklinischen Thoraxdrainage (n=26)
Minimum	15:00	11:00	22:00
Maximum	195:00	89:00	109:00
Mittelwert	48:54	45:18	59:23
Median	46:00	45:00	60:00
Standartabweichung	18:58	17:47	17:51
p - Wert	<0,001 (CI95% 2,298 – 2,793)	<0,001 (CI95% 2,083 – 3,006)	<0,001 (CI95% 2,226 – 3,830)

Tabelle 8: Wurde im Schockraum eine Thoraxdrainage angelegt lag die präklinische Versorgungszeit im Mittel bei 45:18 Minuten.

4.1.8 Krankenhausverweildauer

Patient:Innen mit Thoraxtrauma hatten im Mittel eine Krankenhausverweildauer von 15,99 Tagen (SD 15,236 Tage).

Krankenhausverweildauer in Tagen (n=414)	
Minimum	0
Maximum	93
Mittelwert	15,99
Median	12,00
Standartabweichung	15,236

Tabelle 9: Die mittlere Krankhausverweildauer lag bei 15,00 Tagen.

In der Spearman-Rho Analyse konnte kein Zusammenhang zwischen präklinischer Versorgungsdauer und der Krankenhausverweildauer nachgewiesen werden ($p = 0,069$, $p = 0,230$).

4.1.9 Überleben bei Thoraxtrauma und präklinischer Thoraxdrainagen Anlage

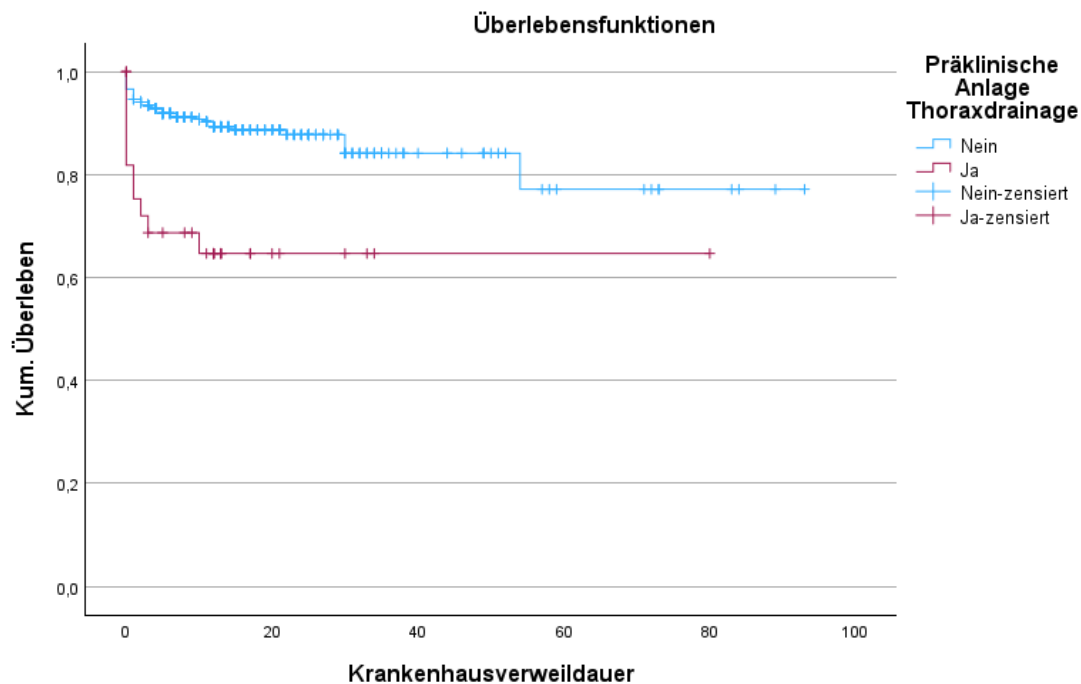


Abbildung 18: Kaplan - Meier Analyse aller Patient:Innen mit präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage.

Abbildung 18 zeigt die Kaplan-Meier-Kurve im Laufe des Krankenhausaufenthaltes verstorbener Patient:Innen nach Thoraxtrauma und präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage. Insgesamt starben 11/33 (33,3%) Patient:Innen mit präklinisch angelegter Thoraxdrainage. Mit einem p – Wert von $<0,001$ im Log-Rank-Test zeigt sich eine statistische Signifikanz bei Fällen mit präklinischer Thoraxdrainage. Es zeigen sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede.

4.1.10 Überleben bei Thoraxtrauma und Thoraxdrainagen Anlage im Schockraum

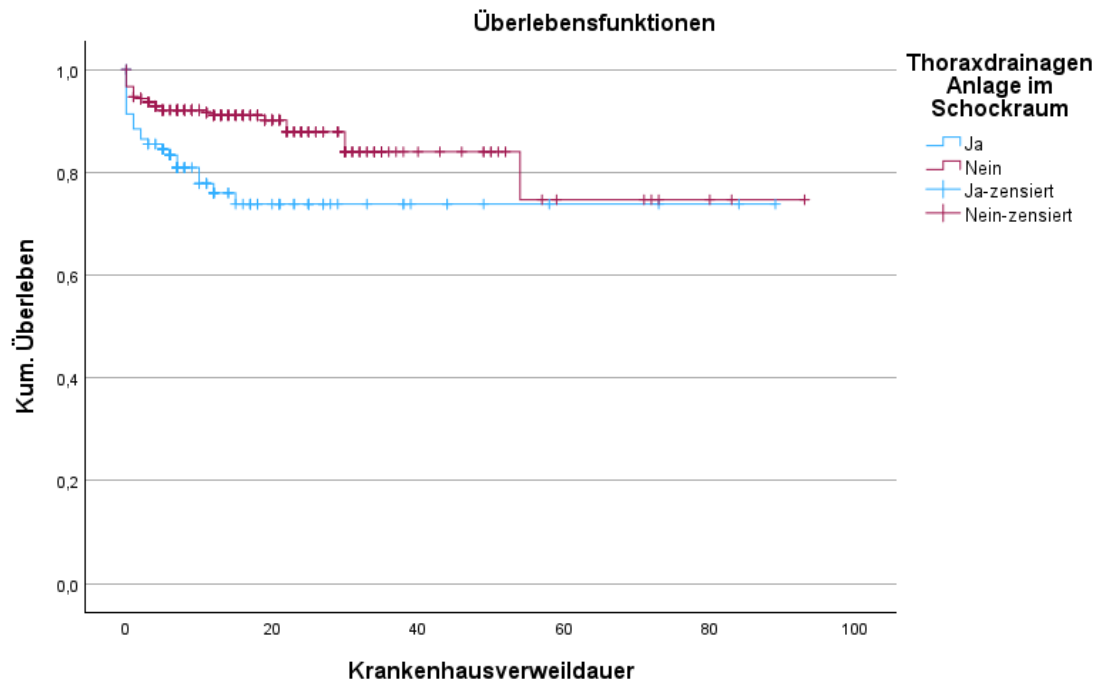


Abbildung 19: Kaplan - Meier Analyse bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma und Thoraxdrainagen Anlage im Schockraum.

Abbildung 19 zeigt die Kaplan-Meier-Kurve verstorbener Patient:Innen, welche bei Aufnahme im Schockraum eine Thoraxdrainage erhalten haben. Mit einem p-Wert von 0,002 im Log-Rank-Test zeigt sich eine statistische Signifikanz bei verstorbenen Patient:Innen mit Thoraxdrainage. In der geschlechtsspezifischen Analyse zeigt sich ein Überlebensvorteil bei männlichen Patient:Innen (p 0,001, Abbildung 20).

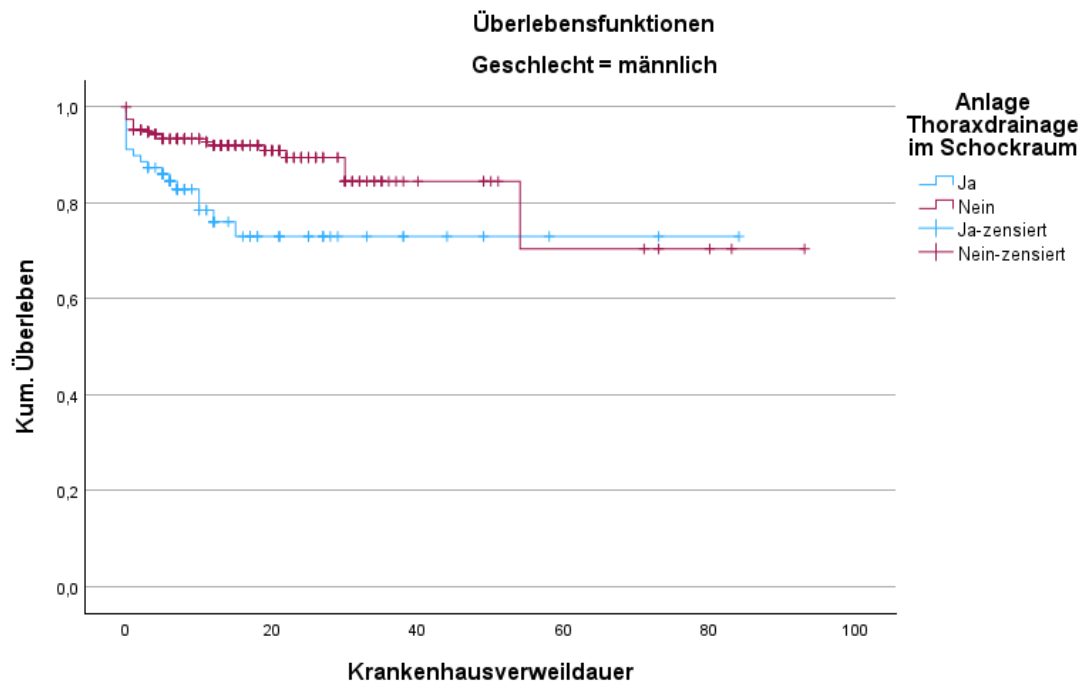


Abbildung 20: Kaplan - Meier - Kurve bei männlichen Patienten mit Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum.

4.1.11 Überleben in Abhängigkeit des Anlagezeitpunktes

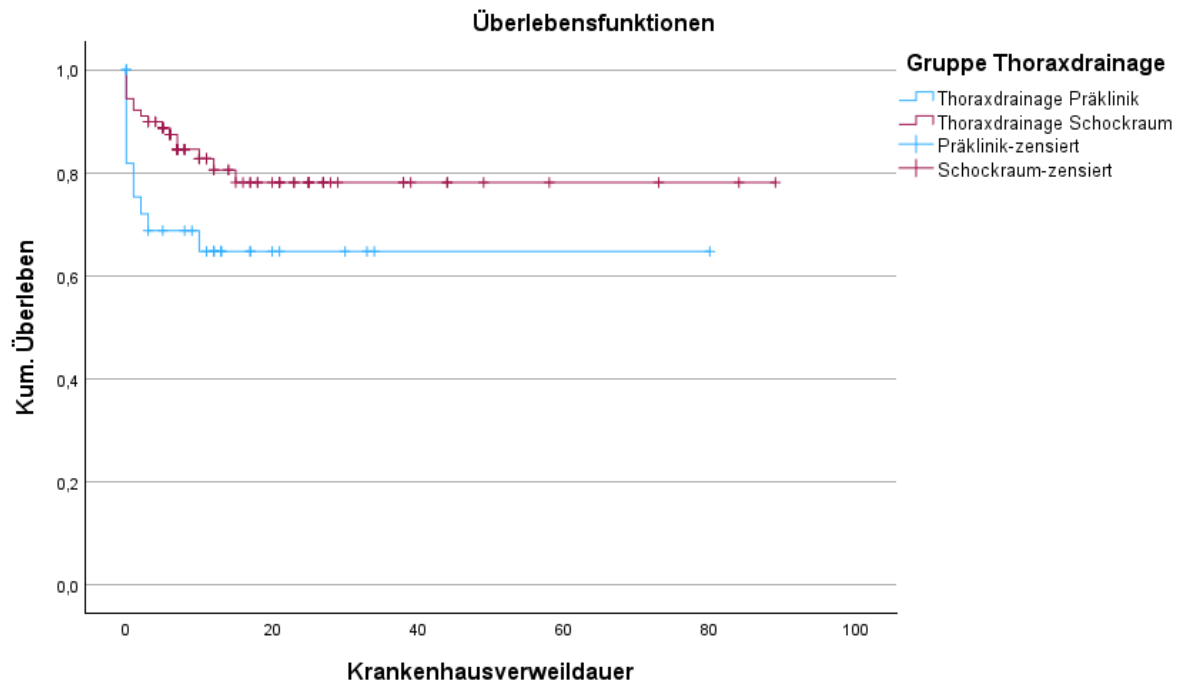


Abbildung 21: Sterblichkeit bei Anlage einer Thoraxdrainage in der Präklinik im Vergleich zur Anlage im Schockraum.

Vergleicht man beide Gruppen aus Präklinik und Klinik zeigt sich im Log-Rank-Test ein $p = 0,048$. Es zeigt sich ein diskret besseres Überleben bei Patient:Innen, welche im Schockraum erst eine Thoraxdrainage erhalten haben.

4.1.12 Vergleich der ISS Werte

ISS 9					
	Ja	Nein	Gesamt	Pearson – Chi - Quadrat	Korrelation nach Pearson
Thoraxdrainage Präklinik in n= (relative Häufigkeit in %)	31 (93,9)	2 (6,1)	33 (100,0)	p = 0,982	0,002
Thoraxdrainage Schockraum in n= (rela- tive Häufigkeit in %)	99 (95,2)	5 (4,8)	104 (100,0)	p = 0,255	0,104
ISS 16					
Thoraxdrainage Präklinik in n= (relative Häufigkeit in %)	29 (87,9)	4 (12,1)	33 (100,0)	p = 0,106	0,151
Thoraxdrainage Schockraum in n= (rela- tive Häufigkeit in %)	82 (78,8)	22 (21,2)	104 (100,0)	p = 0,825	0,020
ISS 25					
Thoraxdrainage Präklinik in n= (relative Häufigkeit in %)	20 (60,6)	13 (39,4)	33 (100,0)	p = 0,227	0,113
Thoraxdrainage Schockraum in n= (rela- tive Häufigkeit in %)	50 (48,1)	54 (51,9)	104 (100,0)	p = 0,204	0,116

Tabelle 10: Vergleich der ISS6/16/25 zwischen Patient:Innen mit Thoraxdrainagen Anlage in der Präklinik vs. im Schockraum

Bei der Betrachtung der ISS9/16/25 Werte aus Präklinik und Klinik zeigen sich kaum Korrelationen zwischen Verletzungsschwere und Anlage einer Thoraxdrainage (Tabelle 10). Keine Korrelation lag zwischen dem ISS9 und der Anlage einer Drainage in der Präklinik, sowie dem ISS16 und der Anlage einer Drainage im Schockraum. Beim ISS16 und der Anlage einer Drainage im Schockraum lag mit einem $r = 0,114$ und dem ISS25 und der Anlage einer Drainage in der Präklinik mit einem $r = 0,129$ nach Cohen eine schwache Korrelation vor [32].

4.2 Patientenkollektive

4.2.1 Patient:Innen mit Thoraxtrauma

„Bei 414/1.172 polytraumatisierten Patient:Innen wurde ein Thoraxtrauma dokumentiert. 11,6 % (48/414) erhielten im Schockraum die Diagnose „Hämatopneumothorax“, 36,0% (149/414) die Diagnose „Pneumothorax“, 1,4% (6/414) die Diagnose „Spannungspneumothorax“ und 6,0% die Diagnose „Hämatothorax“. Entsprechend der Diagnosen

- Spannungspneumothorax
- Hämatothorax
- Hämatopneumothorax
- Pneumothorax

Konnte eine Gruppe von 227 Patient:Innen ermittelt und ausgewertet werden.“
(Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine)

	Häufigkeit in n=	Relative Häufigkeit in % bei n=414	Relative Häufigkeit in % bei n=227
Hämatopneumothorax	48	11,6	21,1
Pneumothorax	149	36,0	56,6
Spannungspneumothorax	6	1,4	2,6
Hämatothorax	25	6,0	11,0

Tabelle 11: Anteil Hämatopneumo-/Pneumo-/Spannungspneumo- und Hämatothorax bei n=414 Patient:Innen mit Thoraxtrauma.

4.2.2 Präklinische Vitaldaten bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma

Folgend werden die Vitalparameter des Gesamtkollektivs ausgewertet (Tabelle 12). Im Shapiro – Wilk – Test zeigt sich keine Normalverteilung der Vitalwerte (p-Wert für Atemfrequenz, Sauerstoffsättigung und Puls <0,001, p-Wert für systolischen Blutdruck 0,004).

	Häufigkeit in n=	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Atemfrequenz (/min)	319	0	35	16,95	5,42
SpO ₂ (%)	362	0	100	92,84	9,07
Systolischer Blutdruck (RR _{syst})	358	0	220	124,03	35,14
Puls (bpm)	363	0	198	95,93	24,49

Tabelle 12: Präklinische Vitalparameter bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma.

Patient:Innen mit einem Thoraxtrauma hatten im Mittel eine Atemfrequenz von 16,95/min $\pm$ 5,42 (Spannweite: 0-35/min, Standardabweichung 5,42). Die durchschnittliche periphere Sauerstoffsättigung (SpO₂) lag bei 92,84% $\pm$ 9,07% (Spannweite 0-100, Standardabweichung 9,07). Mit 124 mmHg systolischem Blutdruck lag dieser im Normalbereich, dennoch zeigte sich eine große Spannweite von 0 – 220 mmHg (Standardabweichung 35,14 mmHg). 95,93 beats per minute (bpm) war die mittlere Pulsfrequenz bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma (Spannweite 0 -198 bpm, Standardabweichung 24,49 bpm).

4.2.2.1 Subgruppenanalyse Patienten ohne Reanimation

Im Gesamtkollektiv wurden Vitalwerte mit „0“ dokumentiert. Da bei Vitalwerten von „0“ von einer Reanimationssituation auszugehen ist wurden für die folgende Analyse der Vitalparameter Patienten mit Reanimation ausgeschlossen. In der Subgruppenanalyse aller nicht reanimierten Patient:Innen zeigen sich folgende Vitalwerte bei Eintreffen:

	Häufigkeit in n=	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Atemfrequenz (/min)	299	5	35	17,06	5,12
SpO ₂ (%)	345	32	100	93,29	7,20
Systolischer Blutdruck (RR _{syst})	340	0	220	126,37	33,68
Puls (bpm)	341	30	198	96,08	22,72

Tabelle 13: Vitalwerte ohne Reanimation.

4.2.3 Demographische Daten bei Patient:Innen mit Intervention

Alter							
	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Shapiro – Wilk - Test	p - Wert
Präklinische Drainagen Anlage (n = 33)	18	89	49,0	49,5	19,1	p = 0,424	p < 0,001 T - Test
Drainagen Anlage im Schockraum (n = 104)	18	92	46,5	47,4	19,2	p = 0,002	p = 0,541 (Mann – Whitney – U)

Tabelle 14: Im Mittel waren die Patient:Innen mit präklinischer Drainagen Anlage 49,45 Jahre alt, Patient:Innen mit Drainagen Anlage im Schockraum waren im Mittel 47,44 Jahre alt.

Im Mittel waren die Patient:Innen mit einer präklinischen Thoraxdrainage 49,5 Jahre alt. Patient:Innen, welche erst im Schockraum eine Drainage erhalten haben waren im Schnitt 47,4 Jahre alt. Im Shapiro – Wilk Test zeigte sich nur für die präklinisch intervenierten Patient:Innen eine Normalverteilung. Der T-Test zeigte mit $p < 0,001$ eine statistische Signifikanz. Bei fehlender Normalverteilung im Shapiro – Wilk – Test wurde bei Patient:Innen, die im Schockraum eine Drainage erhalten haben ein Mann – Whitney – U – Test durchgeführt. Hierbei zeigte sich keine statistische Signifikanz zwischen Alter und Anlage einer Drainage (Tabelle 14).

9/17, beziehungsweise 45/64 Patient:Innen zeigten zum Unfallzeitpunkt keine Vorerkrankungen (ASA I). 29,4% der Patient:Innen mit präklinischer Drainagen Anlage und 18,8% mit Drainagen Anlage im Schockraum waren leicht erkrankt (ASA II), 17,7% der Patient:Innen mit präklinischer Drainagen Anlage und 10,9% mit Drainagen Anlage im Schockraum waren schwer erkrankt (ASA III). Im Pearson-Chi-Quadrat zeigte sich in keiner der Gruppen eine statistische Signifikanz zwischen ASA – Klassifikation und Anlage einer Drainage (Tabelle 15).

ASA					
	Gesund in n = (relative Häufigkeit in %)	Leicht in n = (relative Häufigkeit in %)	Schwer in n = (relative Häufigkeit in %)	Gesamt in n = (relative Häufigkeit in %)	Pearson – Chi - Quadrat
Präklinische Drainagen Anlage	9 (52,9)	5 (29,4)	3 (17,7)	17 (100)	p = 0,788
Drainagen Anlage im Schockraum	45 (70,3)	12 (18,8)	7 (10,9)	64 (100)	p = 0,190

Tabelle 15: Am häufigsten handelte es sich um gesunde Patient:Innen.

Am häufigsten lag ein Unfall als Ursache vor. Der Verdacht auf ein Gewaltverbrechen wurde nur bei Patient:Innen geäußert, welche im Schockraum eine Thoraxdrainage erhalten haben (3,9%). Bei präklinischen Patient:Innen wurde kein einziger Fall mit dem Verdacht auf Gewaltverbrechen dokumentiert. Es zeigte sich keine statistische Signifikanz im Pearson-Chi (Tabelle 16).

Ursache					
	Unfall n = (Häufigkeit in %)	Verdacht auf Sui- zid n = (Häufigkeit in %)	Verdacht auf Gewaltverbrechen n = (Häufigkeit in %)	Gesamt n = (Häufigkeit in %)	Pearson – Chi - Quad- rat
Präklinische Drainagen Anlage	28 (87,5)	4 (12,5)	0	32 (100,0)	p = 0,571
Drainagen Anlage im Schockraum	85 (82,5)	14 (13,6)	4 (3,9)	103 (100,0)	p = 0,697

Tabelle 16: In über 80% lag ein Unfall als Ursache für ein Drainagepflichtiges Thoraxtrauma vor.

In 3/32 und in 13/101 Fällen kam es im Rahmen einer penetrierenden Verletzung zur Anlage einer Drainage in der Präklinik beziehungsweise im Schockraum. Auch hier zeigte sich keine statistische Signifikanz (Tabelle 17).

Trauma				
Penetrierend	Stumpf n = (Häufigkeit in %)	Penetrierend n = (Häufigkeit in %)	Gesamt n = (Häufigkeit in %)	Pearson – Chi - Quadrat
Präklinische Drainagen Anlage	29 (90,6)	3 (9,4)	32 (100,00)	p = 0,269
Drainagen Anlage im Schockraum	88 (87,1)	13 (12,9)	101 (100,0)	p = 0,854

Tabelle 17: In 90,62% (präklinische Thorax Drainage), beziehungsweise 87,13% (Thoraxdrainage im Schockraum) handelte es sich um ein stumpfes Trauma.

4.2.4 Präklinische Vitalwerte und präklinische Intervention bei Vorliegen der Schockraumdiagnosen „Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax“

„Im Folgenden werden alle Patient:Innen mit den o.g. Schockraumdiagnosen einer Analyse der präklinischen Vitalwerte und Interventionen unterzogen.“

(Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine)

	Häufigkeit in n=	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
Atemfrequenz (/min)	178	0	35	17,8	6,0
SpO ₂ (%)	201	0	100	92,1	10,9
Systolischer Blutdruck (RR _{syst})	200	0	220	119,6	36,7
Puls (bpm)	201	30	198	97,4	26,6

Tabelle 18: Präklinische Vitalwerte bei Patient:Innen mit der Schockraumdiagnose "Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax". (Artikel im Review Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine Submission ID 430c5ad9-8257-4718-9d03-97c4856190d8)

4.2.4.1 Präklinische Durchführung einer Thorax Entlastung im Gesamtkollektiv

	Häufigkeit Thorax- drainage in n= (rela- tive Häufigkeit in %)	Häufigkeit Nadel- dekompensation in n= (relative Häufigkeit in %)	Häufigkeit Thoraxdrainage nach Nadeldekompensation in n= (relative Häufig- keit in %)
Ja	33 (8,5)	4 (1,7)	2 (50,0)
Nein	355 (91,5)	232 (98,3)	2 (50,0)
Gesamt	388 (100)	236 (100)	4 (100)

Tabelle 19: Bei 33/388 (8,0%) der Patient:Innen wurde präklinisch eine Thoraxdrainage angelegt.

33/388 (8,5%) der Patient:Innen mit Thoraxtrauma erhielten präklinisch die Anlage einer Thoraxdrainage. In 6,3% (26/414) wurde eine eventuelle Durchführung nicht dokumentiert. In 4/236 dokumentierten Fällen (1,7%) erfolgte eine Entlastung durch Nadeldekompensation. In der Subgruppenanalyse zeigt sich, dass zwei von vier Patient:Innen nach Durchführung einer Nadeldekompensation eine endgültige Therapie im Sinne einer Thoraxdrainage erhalten haben (Tabelle 19).

4.2.4.2 Präklinische Thoraxentlastung bei Patient:Innen mit der Schockraumdiagnose „Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax“

	Häufigkeit Thorax- drainage in n= (rela- tive Häufigkeit in %)	Häufigkeit Nadeldekom- pression in n= (relative Häufigkeit in %)
Ja	32 (15,0)	4 (3,0)
Nein	181 (85,0)	128 (97,0)
Gesamt	213 (100)	132 (100)

Tabelle 20: Präklinische Anlage einer Thoraxdrainage bei o.g. Befunden. 15,0% (32/213) Patient:Innen erhielten eine präklinische Thoraxdrainage.

„Die Subgruppenanalyse zeigt, dass 32/213 (15,0%) Patient:Innen mit einer der oben genannten Diagnosen eine präklinische Thoraxdrainagen erhalten haben. In vier Fällen erfolgte die Nadeldekompression (4/132 Fälle, 3,0%).“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.) Fälle mit der Angabe „k.A.“ („keine Angaben“) wurden bei diesen Analysen nicht berücksichtigt.

4.2.4.3 Subgruppenanalyse der präklinisch durchgeführten Thorax - Entlastung

Lag ein *Spannungspneumothorax* vor wurde nur in zwei Fällen die Anlage einer Thoraxdrainage dokumentiert. Eine Nadeldekompression wurde bei *Spannungspneumothorax* in einem Fall durchgeführt. Im Falle eines *Hämatopneumothorax* kam es in zwei von 46 Fällen zur präklinischen Thoraxdrainagen Anlage. Eine Nadeldekompression wurde bei *Hämatopneumothorax* zweimalig durchgeführt. Wurde ein *Pneumothorax* dokumentiert kam es in zehn von 149 Fällen zur Drainagen Anlage in der Präklinik und zu einer Nadeldekompression. Bei einem *Hämatothorax* wurde in drei von 24 Fällen eine Thoraxdrainage angelegt, eine Nadeldekompression erfolgte nicht (12 Fälle ohne Angaben). (Tabelle 21)

	Häufigkeit Thoraxdrainage bei Spannungspneumothorax in n= (relative Häufigkeit in %) / Häufigkeit Nadeldekompression bei Spannungspneumothorax in n= (relative Häufigkeit in %)	Häufigkeit Thoraxdrainage bei Hämatopneumothorax in n= (Häufigkeit in %) / Häufigkeit Nadeldekompression bei Hämatopneumothorax in n= (Häufigkeit in %)	Häufigkeit Thoraxdrainage bei Pneumothorax in n= (Häufigkeit in %) / Häufigkeit Nadeldekompression bei Pneumothorax in n= (Häufigkeit in %)	Thoraxdrainage bei Hämatothorax Häufigkeit in n= (relative Häufigkeit in %) / Häufigkeit Nadeldekompression bei Hämatothorax in n= (Häufigkeit in %)
Ja	2 (33,3) / 1 (33,3)	7 (15,2) / 2 (6,5)	20 (14,5) / 1 (1,2)	3 (12,5) / 0 (0,0)
Nein	4 (66,7) / 2 (66,7)	39 (84,8) / 29 (93,5)	118 (85,5) / 83 (98,8)	21 (87,5) / 0 (0,0)
Gesamt	6 (100) / 3 (100)	46 (100) / 31 (100)	138 (100) / 84 (100)	24 (100) / 0 (0,0)

Tabelle 21: Häufigkeiten in n= und relative Häufigkeiten in % bei Durchführung einer Thoraxdrainage oder Nadeldekompression in der Präklinik bei Vorliegen eines Spannungspneumothorax, eines Hämatopneumothorax, eines Pneumothorax oder eines Hämatothorax.

4.2.5 Vitalwerte bei präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage oder Durchführung einer Nadeldekompression

Bei insgesamt 37 Patient:Innen wurde die Anlage einer Thoraxdrainage oder die Nadeldekompression durchgeführt (siehe auch 3.2.4.1 Präklinische Durchführung einer Thoraxentlastung im Gesamtkollektiv). Bei diesen Patient:Innen zeigten sich die in Tabelle 22 aufgeführten Vitalparameter in der Präklinik. Bei der Überprüfung der Varianzhomogenität zeigte sich bei Patient:Innen mit präklinischer Thoraxdrainagen-Anlage im Mittel eine Atemfrequenz von 17,77/min (SD 8,165/min), eine periphere Sauerstoffsättigung von im Mittel 81,4 % (SD 20,5%), einen systolischen Blutdruck von im Mittel 100,08 mmHg (SD 49,58 mmHg) und ein Pulsfrequenz von im Mittel 99,333 /min (SD 37,36/min). Der Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung zeigt für die Vitalzeichen SpO₂ und Puls ein $p < 0,05$, sodass in diesen Fällen nicht von einer Normalverteilung ausgegangen wird. Somit wird im Folgenden für diese Vitalwerte der Mann-Whitney-U Test zur Interpretation der zweiseitigen p-Werte herangezogen. Für die Atemfrequenz und den systolischen Blutdruck erfolgt die p-Wert Berechnung über den T-Test [33, 34].

Bei der peripheren Sauerstoffsättigung lag ein statistisch signifikanter Unterschied mit -12,3% niedrigeren Sättigung vor (95%CI [-20,812, -3,859]) $t(24,378) = 3,001$, $p 0,006$. Beim systolischen Blutdruck zeigte sich ein signifikanter Unterschied mit -26,911mmHg niedrigeren Blutdruckwerten bei Intervention (95%CI [-47,654, -6,167]), $t(25,671) = -2,668$, $p 0,013$ zwischen der Gruppe mit präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage und der Gruppe ohne Intervention. Bei der Atemfrequenz (Mittlere Differenz 0,954, 95% CI [-2,389, 4,297], $t(26,760) = 0,585$, $p 0,563$) und der Pulsfrequenz (Mittlere Differenz 4,263, 95% CI [-10,702, 19,227], $t(27,631) = 0,584$, $p 0,564$) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in beiden Gruppen.

	Häufigkeit in n=	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall	p - Wert
Atemfrequenz (/min)	28	0	35	18,3	18,5	8,6	0,954	-2,389, 4,297	0,292
SpO ₂ (%)	27	0	100	81,7	86,0	19,7	-12,335	-20,812, -3,859	0,744
Systolischer Blutdruck (RR _{sys})	27	0	200	103,0	100,0	50,0	-26,911	-47,654, -6,167	0,292
Puls (/min)	29	0	141	99,7	105,0	36,4	4,263	-10,702, 19,227	0,863

Tabelle 22: Präklinische Vitalwerte bei Patient:Innen mit durchgeführter Thoraxdrainage oder Nadeldekompression.

4.2.5.1 Vitalwerte bei Diagnose Spannungspneumothorax und Thorax - Entlastung

	Häufigkeit in n=	Mini-mum	Maxi-mum	Mittelwert	Median	Standard-ab- weichung
Atemfrequenz (/min)	6	8	35	20,8	20,0	9,7
SpO ₂ (%)	6	50	98	81,7	85,5	16,3
Systolischer Blutdruck (RR _{syst})	6	60	179	103,2	85,0	47,3
Puls (/min)	6	70	130	98,9	94,5	24,7

Tabelle 23: Vitalwerte bei Diagnose Spannungspneumothorax und präklinischer Thoraxentlastung

Im Mittel lag bei Patient:Innen mit diagnostiziertem Spannungspneumothorax und präklinischer Thoraxentlastung die dokumentierte Atemfrequenz bei 20,83/ min (Standardabweichung 10/min). Die periphere Sauerstoffsättigung lag zwischen 50,0% und 98,0% (Mittelwert 81,7%, Standardabweichung 16,3%) und der systolisch gemessene Blutdruck war im Mittel 103,17 mmHg (Standardabweichung 47,29 mmHg). Die Pulsfrequenz zeigte Werte zwischen 70 und 130 bpm (Mittelwert 98,93 bpm, Standardabweichung 24,69 bpm).

4.2.5.2 Vitalwerte bei Diagnose Hämatothorax und Thorax - Entlastung

	Häufigkeit in n=	Mini- mum	Maxi- mum	Mittelwert	Median	Standard- abweichung
Atemfrequenz (/min)	6	0	35	15,8	18,5	11,9
SpO ₂ (%)	5	85	98	89,0	86,0	5,4
Systolischer Blutdruck (RR _{syst})	6	0	179	103,2	128,0	62,6
Puls (/min)	6	0	124	79,7	100,0	43,1

Tabelle 24: Vitalwerte bei Diagnose Hämatothorax und präklinischer Thorax - Entlastung

Bei Patient:Innen mit der Diagnose „Hämatothorax“ zeigten im Mittel eine Atemfrequenz von 15,8/ min (Standardabweichung 11,9/min). Die periphere Sauerstoffsättigung lag zwischen 85,0% und 98,0% (Mittelwert 89,0%, Standardabweichung 5,4%). Beim systolischen Blutdruck lagen mit einer Standardabweichung von 62,6 mmHg die Werte im Mittel bei 103,2 mmHg. Die Pulsfrequenz wurde mit Werten zwischen 0 und 124 bpm dokumentiert (Mittelwert 79,7 bpm, Standardabweichung 43,1 bpm).

4.2.5.3 Vitalwerte bei Diagnose Hämato-pneumothorax und Thorax - Entlastung

	Häufigkeit in n=	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-ab- weichung
Atemfrequenz (/min)	9	8	35	17,4	16,0	9,5
SpO ₂ (%)	9	75	98	86,9	86,0	6,7
Systolischer Blutdruck (RR _{syst})	9	60	179	102,1	100,0	44,7
Puls (/min)	9	70	140	112,6	120,0	23,0

Tabelle 25: Vitalwerte bei Vorliegen eines Hämato-pneumothorax und durchgeführter präklinischer Thorax – Entlastung.

Erfolgte die Thoraxentlastung in Zusammenhang mit der Diagnose Hämato-pneumothorax lag die Atemfrequenz im Mittel bei 17,4/min (Standardabweichung 9,5/min). Die periphere Sauerstoffsättigung zeigte Werte zwischen 75,0% und 98,0% (Mittelwert 86,9%, Standardabweichung 6,7%). Der systolische Blutdruck erreichte im Mittel Werte von 102,1 mmHg (Standardabweichung 44,7 mmHg). Die Pulsfrequenz lag mit einer Standardabweichung von 23,0 bpm im Mittel bei 112,6 bpm.

4.2.5.4 Vitalwerte bei Diagnose Pneumothorax und Thorax - Entlastung

	Häufig- keit in n=	Mini- mum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard- abweichung
Atemfrequenz (/min)	18	0	35	18,8	18,	8,4
SpO ₂ (%)	19	0	100	81,8	86,0	22,0
Systolischer Blutdruck (RR _{syst})	18	0	200	116,2	128,0	48,4
Puls (/min)	19	0	141	96,5	96,5	34,3

Tabelle 26: Bei Vorliegen eines Pneumothorax und präklinisch durchgeführter Thoraxentlastung zeigten sich die aufgeführten Vitalwerte.

Wurde die Thoraxentlastung bei Patient:Innen mit der Schockraumdiagnose „Pneumothorax“ durchgeführt lagen die Werte für die Atemfrequenz zwischen 0 und 35/ min. Die Sauerstoffsättigung lag im Mittel bei 81,8% (Standardabweichung 22,0%). Der systolische Blutdruck lag zwischen 0 und 200 mmHg (Mittelwert 116,2 mmHg, Standardabweichung 48,4 mmHg). Die Pulsfrequenz lag mit einer Standardabweichung von 34,3 bpm im Mittel bei 96,5 bpm.

4.2.6 Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum

„25,6% (104/406) Patient:Innen des Gesamtkollektivs erhielten innerhalb der Schockraumversorgung die Anlage einer Thoraxdrainage.“ (Artikel im Review Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine Submission ID 430c5ad9-8257-4718-9d03-97c4856190d8) In 8 Fällen wurde die Anlage nicht dokumentiert. Die Subgruppenanalyse zeigt, dass in 5 von 104 Fällen die Anlage einer Thoraxdrainage auf Grund der Schockraumdiagnose „Spannungspneumothorax“ erfolgte. 11/104 Patient:Innen erhielten die Anlage einer Thoraxdrainage im Zusammenhang mit einem Hämatothorax. Bei 14 von 25 Patient:Innen mit Hämatothorax wurde auf eine Drainage verzichtet. Tabelle 27 zeigt, dass in 9/104 Fällen (8,7%) die Anlage einer Thoraxdrainage in Zusammenhang mit der Diagnose „Hämatopneumothorax“ erfolgte. Bei 47,1% aller Patient:Innen (55/104) erfolgte die Anlage einer Thoraxdrainage aufgrund eines vorliegenden Pneumothorax (Tabelle 27).

	Häufigkeit Thoraxdrainage Gesamt in n= (Relative Häufigkeit Thoraxdrainage Gesamt in %)	Häufigkeit Thoraxdrainage bei Spannungspneumothorax in n= (Relative Häufigkeit in %)	Häufigkeit Hämatothorax bei allen gelegten Drainagen in n= (Relative Häufigkeit Hämatothorax bei allen gelegten Drainagen in %)	Häufigkeit Drainage bei Hämatothorax in n= (Relative Häufigkeit Drainage bei Hämatothorax in %)	Häufigkeit Hämatothorax bei allen gelegten Thoraxdrainagen in n= (Relative Häufigkeit Hämatothorax bei allen gelegten Thoraxdrainagen in %)	Häufigkeit Drainage bei Hämatothorax in n= (Relative Häufigkeit Drainage bei Hämatothorax in %)	Häufigkeit Pneumothorax bei allen gelegten Thoraxdrainagen in n= (Relative Häufigkeit Pneumothorax bei allen gelegten Thoraxdrainagen in %)	Häufigkeit Drainage bei Pneumothorax in n= (Relative Häufigkeit Drainage bei Pneumothorax in %)
Ja	104 (25,6)	5 (4,8)	11 (10,6)	11 (44,0)	28 (26,9)	28 (59,6)	55 (47,1)	55 (38,2)
Nein	302 (74,4)	99 (95,2)	93 (89,4)	14 (56,0)	76 (73,1)	19 (40,4)	49 (52,9)	89 (61,8)
Gesamt	406 (100)	104 (100)	104 (100)	25 (100)	104 (100)	47 (100)	104 (100)	144 (100)

Tabelle 27: Insgesamt wurden 104 Thoraxdrainagen im Schockraum angelegt. Die Tabelle zeigt den Anteil der Drainagen in Abhängigkeit der Diagnosen im Gesamtkollektiv, sowie die Anzahl der angelegten Drainagen bei der jeweiligen Diagnose.

4.2.6.1 Präklinische durchgeführte Thorax Entlastung vor Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum

Im Folgenden werden die Gruppen der Patient:Innen, welche im Schockraum eine Thoraxdrainage erhalten und der Gruppe der Patient:Innen, die bereits präklinisch eine Thoraxentlastung erhalten verglichen:

	Häufigkeit präklinische Thoraxdrainage in n= (Relative Häufigkeit präklinische Thoraxdrainage in %)	Häufigkeit Nadeldekompression in n= (Relative Häufigkeit Nadeldekompression in %)
Ja	15 (15,6)	2 (3,2)
Nein	81 (84,4)	60 (96,8)
Gesamt	96 (100)	62 (100)

Tabelle 28: 15/104 Patienten wurden bereits mit einer Thoraxdrainage versorgt. In Zwei von 104 Fällen wurde eine Nadeldekompression durchgeführt.

Tabelle 28 zeigt, dass Fünfzehn der 104 Patient:Innen, welche im Schockraum eine Thoraxdrainage erhalten haben, bereits präklinisch mittels Drainage entlastet worden sind. Zwei von 104 Patient:Innen erhielten präklinisch, vor Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum, eine Nadeldekompression (Tabelle 33). In acht Fällen wurde die Durchführung einer Drainagen Anlage nicht dokumentiert (k.A.). Bei der Nadeldekompression wurden 42 Fälle unzureichend dokumentiert (k.A.). Die genaue Analyse der beiden Patient:Innen mit durchgeführter Nadeldekompression zeigt, dass in nur einem Fall ein therapiebedürftiger Befund im Sinne eines Pneumothorax dokumentiert wurde (Tabelle 29).

Diagnose	Hämatopneumothorax	Pneumothorax	Hämatothorax	Spannungspneumothorax	Gesamt
Häufigkeit präklinische Nadeldekompression vor Anlage Drainage im Schockraum in n= (Relative Häufigkeit präklinische Nadeldekompression vor Anlage Drainage im Schockraum in %)	1 (50,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (50,0)	2 (100)

Tabelle 29: In einem Fall wurde die Nadeldekompression bei Vorliegen eines Hämatopneumothorax, im anderen Fall bei Vorliegen eines Spannungspneumothorax durchgeführt.

4.2.8 Präklinische und im Schockraum erhobene Vitaldaten bei Patient:Innen mit Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum

Im Folgenden werden die präklinischen und innerklinischen (Schockraum) Vitaldaten aller Patient:Innen analysiert, welche im Schockraum eine Thoraxdrainage angelegt bekommen haben.“ (Artikel im Review Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine Submission ID 430c5ad9-8257-4718-9d03-97c4856190d8)

Betrachtet man isoliert die in der Präklinik erhobenen Vitalwerte zeigten sich im Shapiro – Wilk – Test folgende p – Werte: Atemfrequenz $p = 0,034$, SpO_2 $p < 0,001$, systolischer Blutdruck $p = 0,121$, Puls $p = 0,222$. Somit liegt bei der Atemfrequenz und der peripheren Sauerstoffsättigung keine Normalverteilung vor. Bei der Überprüfung der Normalverteilung zeigte sich bei Patient:Innen mit Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum im Mittel präklinisch eine Atemfrequenz von 18,6/min (SD 5,8/min), eine periphere Sauerstoffsättigung von im Mittel 90,9 % (SD 10,5%), einen systolischen Blutdruck von im Mittel 117,3 mmHg (SD 35,1 mmHg) und eine Pulsfrequenz von im Mittel 99,6 /min (SD 24,0/min).

Im Shapiro-Wilk-Test innerklinischen Schockraumdaten zeigten sich folgende Werte: Atemfrequenz $p < 0,001$, periphere Sauerstoffsättigung $p < 0,001$, systolischer Blutdruck $p = 0,391$, Puls $p = 0,288$. Es zeigte sich bei der Pulsfrequenz und dem systolischen Blutdruck eine Normalverteilung. Im Folgenden wird für den Vergleich der Vitaldaten der Mann-Whitney-U Test für nicht normalverteilte Vitalwerte verwendet. Für die übrigen Werte wird der t-Test genutzt. Für beide Tests wurde das Gesamtkollektiv verwendet.

Im Mann-Whitney-U-Test zeigte sich für die präklinisch erfasste Atemfrequenz ($U = 7023,000$; $Z = -2,467$; $p = 0,014$; $M_{\text{Rang}} = 179,96$, $r = -0,14$) und für die periphere Sauerstoffsättigung eine statistische Signifikanz ($U = 9909,000$; $Z = -2,302$; $p = 0,021$; $M_{\text{Rang}} = 157,10$, $r = -0,12$). Im Pearson Korrelationskoeffizient

nach Cohens zeigt sich nur eine schwache Korrelation zwischen den Parametern Atemfrequenz und peripherer Sauerstoffsättigung und Thoraxdrainagen Anlage. Bei der im Schockraum gemessenen Atemfrequenz ($U = 1127,500$; $Z = -1,441$; $M_{\text{Rang}} = 68,92$, $r = -0,131$) und der peripheren Sauerstoffsättigung ($U = 12205,500$; $Z = -1,872$; $M_{\text{Rang}} = 175,64$; $r = -0,09$) zeigte sich keine statistische Signifikanz. Auch im Pearson Korrelationskoeffizient zeigte sich nur eine schwache Korrelation. [33, 34][35]

Im t-Test zeigte sich mit einem $p = 0,002$ ein statistisch signifikant niedriger systolischer Blutdruck im Schockraum.

4. Ergebnisse

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p-Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz Präklinik (/min)	72	32	8	35	18,6	18,0	5,8	0,014
Atemfrequenz Schockraum (/min)	30	74	8	90	18,3	15,0	13,9	0,150
SpO ₂ Präklinik (%)	88	16	32	100	90,9	94,5	10,5	0,021
SpO ₂ Schockraum (%)	96	8	69	100	95,3	97,5	6,5	0,061
Systolischer Blutdruck Präklinik (RR _{syst})	85	19	0	200	117,3	120,0	35,1	0,039
Systolischer Blutdruck Schockraum (RR _{syst})	95	9	40	195	119,3	120,0	32,7	0,002
Puls Präklinik (/min)	86	18	30	160	99,6	100,0	24,0	0,092
Puls Schockraum (/min)	96	8	35	152	96,9	95,0	23,8	0,070

Tabelle 30: Präklinische Vitalwerte und erfasste Vitalwerte im Schockraum bei Patienten mit Anlage einer Drainage im Schockraum. (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts 'Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study', eingereicht bei International Journal of Emerge)

4.2.8.1 Vitalwerte bei Diagnose Hämato-pneumothorax

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p-Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz Präklinik (/min)	18	10	8	35	19,3	18,0	6,4	0,736
Atemfrequenz Schockraum (/min)	10	18	14	90	22,7	15,0	23,7	0,392
SpO ₂ Präklinik (%)	24	4	74	99	90,2	82,0	6,8	0,907
SpO ₂ Schockraum (%)	26	2	70	100	93,5	95,5	8,3	0,015
Systolischer Blutdruck Präklinik (RR _{syst})	24	4	60	180	109,5	100,0	32,8	0,820
Systolischer Blutdruck Schockraum (RR _{syst})	26	2	40	190	114,2	115,0	38,3	0,986
Puls Präklinik (/min)	23	5	30	160	107,4	110,0	27,7	0,977
Puls Schockraum (/min)	26	2	40	152	106,2	104,5	27,4	0,999

Tabelle 31: Präklinische Vitalwerte und initiale Vitalwerte im Schockraum bei zu entlastendem Hämato-pneumothorax.

Patient:Innen mit der Diagnose „Hämato-pneumothorax“ und einer Drainagen Anlage im Schockraum hatten präklinisch im Mittel eine Atemfrequenz von

19,3/min (Standardabweichung 6,4/min) im Schockraum wurden Werte zwischen 14 /min und 90/min dokumentiert (Mittelwert 22,7/min, Standardabweichung 23,7/min). Die periphere Sauerstoffsättigung lag präklinisch zwischen 74,0% und 100,0% (Mittelwert 90,2%, Standardabweichung 6,8%). Im Schockraum lag die periphere Sauerstoffsättigung im Mittel bei 93,5% (Standardabweichung 8,3%). Mit Werten zwischen 60 mmHg und 180 mmHg wurden die systolischen Blutdruckwerte präklinisch dokumentiert (Mittelwert 109,5 mmHg, Standardabweichung 32,8 mmHg). Im Schockraum lag der systolische Blutdruck zwischen 40 mmHg und 190 mmHg (Mittelwert 114,2 mmHg, Standardabweichung 38,3 mmHg). Mit einer Standardabweichung von 27,7 bpm wurde bei der präklinischen Pulsfrequenz ein Mittelwert von 107,4 bpm erfasst. Im Schockraum zeigte sich die Pulsfrequenz im Mittel bei 106,2 bpm (Standardabweichung 27,4 bpm).

4.2.8.2 Vitalwerte bei Diagnose Hämatothorax

Erfolgte die Drainagen Anlage im Zusammenhang eines Hämatothorax wiesen die Patient:Innen präklinisch eine Mittlere Atemfrequenz von 19,5 /min auf (Standardabweichung 7,1/min). Im Schockraum zeigten sich ähnliche Werte (Mittelwert 19,3/min, Standardabweichung 5,8/min). Die präklinische periphere Sauerstoffsättigung umfasste Werte von 76,0 % bis 100,0% (Mittelwert 94,4%, Standardabweichung 7,3%). Im Schockraum wurden Werte zwischen 85,0% und 100,0 % gemessen (Mittelwert 94,8%, Standardabweichung 5,1%) Der systolische Blutdruck lag präklinisch im Mittel bei 133,3 mmHg (Standardabweichung 31,6 mmHg). Präklinisch lag der systolische Blutdruck im Mittel bei 122,3 mmHg (Standardabweichung 25,1mmHg). Die präklinische Pulsfrequenz lag zwischen 41 und 200 bpm (Mittelwert 87,9 bpm, Standardabweichung 25,3 bpm). Im Schockraum lag die Pulsfrequenz zwischen 68 bpm und 125 bpm (Mittelwert 92,7 bpm, Standardabweichung 18,6 bpm).

4. Ergebnisse

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p - Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz Präklinik (/min)	8	3	8	30	19,5	19,0	7,1	0,896
Atemfrequenz Schockraum (/min)	3	8	16	26	19,3	16,0	5,8	0,819
SpO ₂ Präklinik (%)	9	2	76	100	94,4	95,0	7,3	0,952
SpO ₂ Schockraum (%)	10	1	85	100,0	94,8	95,5	5,1	0,358
Systolischer Blutdruck Präklinik (RR _{syst})	8	3	90	200	13,3	133,0	31,6	1,000
Systolischer Blutdruck Schockraum (RR _{syst})	10	1	60	150	122,3	127,5	25,1	0,946
Puls Präklinik (/min)	9	2	41	125	87,9	90,0	25,3	0,977
Puls Schockraum (/min)	10	1	68	125	92,7	92,0	18,6	0,996

Tabelle 32: Patient:Innen mit Hämatothorax zeigten präklinisch im Mittel einen SpO₂ von 94,4% bei einer Mittleren Atemfrequenz von 19,0/min. Im Schockraum wurden SpO₂ Werte im Mittel mit 94,8% bei einer Atemfrequenz von im Mittel 19,3/min gemessen.

4.2.8.3 Vitalwerte bei Diagnose Pneumothorax

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p – Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz Präklinik (/min)	39	16	10	28	17,8	18,0	5,3	0,007
Atemfrequenz Schockraum (/min)	15	40	8	20	15,5	15,0	3,2	0,033
SpO ₂ Präklinik (%)	49	6	32	100	91,8	95,0	11,0	<0,001
SpO ₂ Schockraum (%)	51	4	79	100	96,8	98,0	4,6	<0,001
Systolischer Blutdruck Präklinik (RR _{syst})	47	8	0	200	119,1	120,0	33,9	<0,001
Systolischer Blutdruck Schockraum (RR _{syst})	50	5	60	195	124,8	125,0	29,5	<0,001
Puls Präklinik (/min)	47	8	48	150	96,9	100,0	21,4	<0,001
Puls Schockraum (/min)	50	5	35	150	91,6	94,5	22,7	<0,001

Tabelle 33: Bei Patienten mit Pneumothorax lag die Atemfrequenz präklinisch im Schnitt bei 17,8/ min, die präklinische SpO₂ zeigte im Schnitt Werte von 91,8%. Im Schockraum lagen die Werte im Mittel bei 15,5/min bzw. bei 96,8%.

Bei Patient:Innen mit Pneumothorax lag präklinisch eine Spannweite von zehn bis 28 Atemzügen pro Minute vor (Mittelwert 17,8/ min, Standardabweichung 5,4/min). Im Schockraum zeigten sich Werte zwischen acht und zwanzig Atemzüge pro Minute (Mittelwert 15,5/min, Standardabweichung 3,2/min). Die Sättigung lag präklinisch im Mittel bei 91,8% (Standardabweichung 11,0%). Im Schockraum lag die periphere Sauerstoffsättigung im Mittel bei 96,8% (Standardabweichung 4,6%). Der präklinisch gemessene systolische Blutdruckwert umfasste Werte von 0 mmHg bis 200 mmHg (Mittelwert 119,1 mmHg, Standardabweichung 33,9 mmHg). Im Schockraum wurden Werte zwischen 60 mmHg und 195 mmHg gemessen (Mittelwert 124,8 mmHg, Standardabweichung 29,5 mmHg). Die präklinische Pulsfrequenz zeigte im Mittel Werte von 96,9 bpm (Standardabweichung 21,4 bpm). Im Schockraum zeigten sich im Mittel Werte von 91,6 bpm (Standardabweichung 22,7 bpm).

4.2.8.4 Vitalwerte bei Diagnose Spannungspneumothorax

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p - Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz Präklinik (/min)	4	1	12	28	20,0	20,0	8,2	1,000
Atemfrequenz Schockraum (/min)	1	4	12	12	12,0	12,0		1,000
SpO ₂ Präklinik (%)	4	1	50	99	81,3	88,0	21,5	1,000
SpO ₂ Schockraum (%)	5	0	91	100	96,0	96,0	4,1	1,000
Systolischer Blutdruck Präklinik (RR _{syst})	4	1	60	179	121,8	124,0	65,7	0,896
Systolischer Blutdruck Schockraum (RR _{syst})	5	0	65	170	99,0	70,0	45,6	0,896
Puls Präklinik (/min)	4	1	84	130	107,3	107,5	24,6	1,000
Puls Schockraum (/min)	5	0	85	120	104,0	105,0	16,4	1,000

Tabelle 34: Präklinisch zeigte sich im Mittel eine periphere Sauerstoffsättigung von 81,3% (Standartabweichung 21,5%), im Schockraum 96,0% (Standartabweichung 4,1%).

Lag ein Spannungspneumothorax vor lag die präklinisch dokumentierte Atemfrequenz im Mittel bei 20,0/min (Standartabweichung 8,2/min). Im Schockraum lag die Atemfrequenz im Mittel bei 12,0/min. Es wurde im Schockraum in nur einem Fall die Atemfrequenz bei Vorliegen eines Spannungspneumothorax dokumentiert. Die präklinisch ermittelte periphere Sauerstoffsättigung lag zwischen 50,6 % und 99,0% (Mittelwert 81,3%, Standartabweichung 21,5%). Im Schockraum zeigten sich Sättigungswerte zwischen 91,0% und 100,0% (Mittelwert 96,0%, Standartabweichung 4,1%). Der präklinisch gemessene systolische Blutdruck lag im Mittel bei 121,7 mmHg (Standartabweichung 65,7 mmHg). Im Schockraum lag der systolische Blutdruck im Mittel bei 99,0 mmHg (Standartabweichung 45,6 mmHg). Die Pulsfrequenz lag präklinisch zwischen 84 bpm und 130 bpm (Mittelwert 107,3 bpm, Standartabweichung 24,6 bpm), im Schockraum lag die Pulsfrequenz zwischen 85 bpm und 120 bpm (Mittelwert 104,0 bpm, Standartabweichung 16,4 bpm).

4.2.9 Präklinische und Schockraumvitaldaten von Patient:Innen mit vs. Ohne Thoraxentlastung

4.2.9.1 Vitaldaten ohne Thoraxentlastung

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p - Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz Präklinik (/min)	218	50	4	35	16,5	16,0	4,9	<0,001
Atemfrequenz Schockraum (/min)	80	188	10	28	15,3	15,0	3,4	<0,001
SpO ₂ Präklinik (%)	249	19	61	100	94,5	96,0	5,1	<0,001
SpO ₂ Schockraum (%)	258	10	77	100	97,1	99,0	4,1	<0,001
Systolischer Blutdruck Präklinik (RR _{syst})	246	22	55	220	129,1	130,0	32,3	<0,001
Systolischer Blutdruck Schockraum (RR _{syst})	262	6	45	210	131,7	130,0	27,9	<0,001
Puls Präklinik (/min)	247	21	20	198	94,2	91,0	22,5	<0,001
Puls Schockraum (/min)	261	7	45	150	91,6	88,0	19,9	<0,001

Tabelle 35: Vitaldaten aus Präklinik und Schockraum von Patient:Innen ohne Thoraxentlastung.

4. Ergebnisse

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p – Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz mit Thoraxentlastung (/min)	28	7	0	35	18,3	18,5	8,6	0,377
Atemfrequenz ohne Thoraxentlastung (/min)	218	50	4	35	16,5	16,0	4,9	<0,001
SpO ₂ mit Thoraxentlastung (%)	27	8	0	100	81,7	86,0	19,7	<0,001
SpO ₂ ohne Thoraxentlastung (%)	249	19	61	100	94,5	96,0	5,1	0,317
Systolischer Blutdruck mit Thoraxentlastung (RR _{syst})	27	8	0	200	103,0	100,0	50,0	<0,001
Systolischer Blutdruck ohne Thoraxentlastung (RR _{syst})	246	22	55	220	119,1	130,0	32,3	0,469
Puls mit Thoraxentlastung (/min)	29	6	0	141	99,7	105,0	36,4	<0,001
Puls ohne Thoraxentlastung (/min)	261	7	45	150	91,6	88,0	19,9	0,056

Tabelle 366: Präklinische Vitalwerte mit vs. ohne Thoraxentlastung.

4.2.9.3 Vitaldaten Schockraum mit vs. Ohne Thoraxentlastung

	Häufigkeit in n=		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	Standard-abweichung	p - Wert
	Gültig	Fehlend						
Atemfrequenz mit Thoraxentlastung (/min)	30	74	8	90	18,3	15,0	13,9	0,010
Atemfrequenz ohne Thoraxentlastung (/min)	80	188	10	28	15,3	15,0	3,4	<0,001
SpO ₂ mit Thoraxentlastung (%)	96	8	69	100	95,3	97,5	6,5	0,072
SpO ₂ ohne Thoraxentlastung (%)	258	10	77	100	97,1	99,0	4,1	<0,001
Systolischer Blutdruck mit Thoraxentlastung (RR _{syst})	95	9	40	195	119,3	120,0	32,7	0,002
Systolischer Blutdruck ohne Thoraxentlastung (RR _{syst})	262	6	45	210	131,7	130,0	27,9	<0,001
Puls mit Thoraxentlastung (/min)	96	8	35	12	96,9	95,0	23,8	0,524
Puls ohne Thoraxentlastung (/min)	261	7	45	150	91,6	88,0	19,9	<0,001

Tabelle 377: Vitaldaten Schockraum mit vs. ohne Thoraxentlastung.

4.2.10 Ermittlung notwendiger Thoraxentlastungen in der Präklinik

„Anhand der oben genannten Vitalzeichen – Grenzwerte für hämodynamisch – respiratorische Instabilität wurden n = 22 Fälle identifiziert, welche bereits Präklinisch eine Thoraxentlastung mutmaßlich hätten bekommen sollen.“

(Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine)

Präklinisch durchgeführte Thoraxentlastung				
		Nein	Ja	Gesamt
Präklinische Thoraxentlastung notwendig?	Nein	333	28	361
	Ja	22	5	27
	Gesamt	355	33	388

Tabelle 388: Mutmaßlich notwendige Thoraxentlastungen in der Präklinik.

„In einer weiteren deskriptiven Analyse zeigte sich, dass alle n = 22 Fälle (100%) im Schockraum eine Thoraxentlastung erhalten haben.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

4.2.11 Vergleich des Überlebens zwischen Patient:Innen mit Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum vs. Verzicht auf Drainagen Anlage trotz hämodynamischer Notwendigkeit

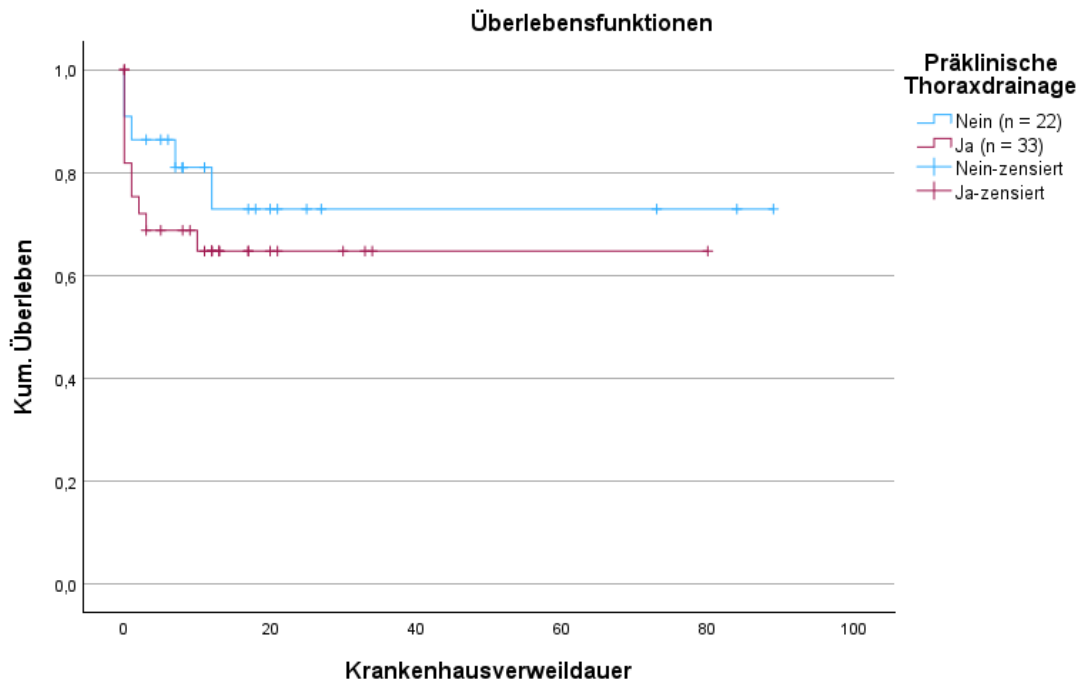


Abbildung 22: Die Kaplan - Meier Analyse zeigt ein besseres Überleben bei Patient:Innen, welche trotz hämodynamischer Instabilität erst im Schockraum eine Drainage erhalten haben. (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Es wurden n = 33 Patient:Innen mit präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage mit n = 22 Patient:Innen mit Drainagen Anlage im Schockraum verglichen. In der Analyse zeigte sich ein besseres Überleben für die Patient:Innen, welche erst im Schockraum eine Drainage erhalten haben (Abbildung 22). Die Kreuz-tabellenanalyse zeigt keine statistische Signifikanz beim Vergleich der Sterblichkeit ($p = 0,396$, Abbildung 23). Alle n = 22 Patient:Innen haben erst im Schockraum eine Thoraxdrainagen Anlage erhalten.

Tod				
Präklinische Thoraxentlas- tung		Ja	Nein	Gesamt
	Nein	5	17	22
	Ja	11	22	33
	Gesamt	16	39	55
Pearson – Chi - Quadrat				p = 0,396

Tabelle 39: Kreuztabelle Tod und präklinische Anlage einer Thoraxdrainage.

Transportmittel				
Präklinische Thoraxentlastung		Notarzt Bodengebunden	RTH	Gesamt
	Nein	17	3	20
	Ja	19	14	33
	Gesamt	36	17	53
Pearson – Chi - Quadrat				p = 0,038

Tabelle 40: 14 Patient:Innen erhielten bereits präklinische eine Thorax Drainage, wenn sie mit dem RTH transportiert wurden.

Tabelle 41 zeigt das Transportmittel und die Anzahl der Patient:Innen mit bzw. ohne Thoraxdrainage. Es wurden statistische signifikant mehr Patient:Innen mit einer Thoraxdrainage versorgt, wenn sie mit dem RTH transportiert wurden ($p = 0,038$).

Präklinische Versorgungszeit						
Präklinische Thoraxentlas- tung		Minimum in Minuten	Maximum in Minuten	Median	Mittelwert	Standardabweichung
	Nein (n = 19)	22:00	74:00	50:00	47:50	13:27
	Ja (n = 26)	22:00	110:00	60:00	59:23	17:51

Tabelle 41: Vergleich der präklinischen Versorgungszeit in Abhängigkeit der präklinischen Drainagen Anlage.

Die Verteilung der beiden Gruppen unterscheidet sich voneinander (Kolmogorov – Smirnov – Z $p = 0,020$). Der Mann – Whitney – U – Test wurde durchgeführt, um die präklinische Versorgungszeit in Abhängigkeit einer Drainagen Anlage in der Präklinik zu berechnen. Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe mit präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage ($M_{\text{Rang}} = 26,81$) und dem Verzicht auf Anlage einer Drainage bzw. Drainagen Anlage erst im Schockraum ($M_{\text{Rang}} = 17,79$) ($U = 148,000$; $Z = -2,277$; $p = 0,022$).

4.2.12 Ermittlung von Cut-off Werten zur Indikation einer Thoraxentlastung

„In der Analyse konnte gezeigt werden, dass 53,1% (17/32 Fällen) der Patient:Innen bei einer, in der Präklinik oder im Schockraum dokumentierten Atemfrequenz von $>25/\text{min}$ eine Thoraxdrainage im Schockraum angelegt bekommen haben. Im Shapiro-Wilk Test zeigte sich eine Normalverteilung. Der t-Test wurde durchgeführt um zu überprüfen, ob sich die Atemfrequenz bei Patient:Innen mit beziehungsweise ohne Thoraxdrainage unterscheidet. Es gab keinen signifikanten Unterschied der Atemfrequenz zwischen Patient:Innen mit beziehungsweise ohne Thoraxdrainage (Prälinik: $t(20) = -0,951$, $p = 0,353$, $d = -0,208$; Schockraum: $t(21) = -0,591$, $p = 0,561$, $d = -0,126$). Die Überprüfung der Pearson Korrelation zeigte eine geringe Korrelation zwischen einer Atemfrequenz $> 25/\text{min}$ im Schockraum und der Anlage einer Thoraxdrainage ($p = -0,276$; $p = 0,203$). Für die präklinische gemessene Atemfrequenz $>25/\text{min}$ ergab sich keine Korrelation ($p = 0,043$; $p = 0,849$). In 47,10% (8/17 Fälle) erhielten die Patient:Innen die Thoraxdrainage aufgrund eines Pneumothorax, in 3 von 17 Fällen war ein Hämatothorax Grund für die Anlage der Thoraxdrainage. 4 von 17 Patient:Innen erhielten die Thoraxdrainage im Zusammenhang mit einem Hämato-pneumothorax und 2 von 17 aufgrund eines Spannungspneumothorax.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

Lag die periphere Sauerstoffsättigung präklinisch unter 85% kam es in 43,60% der Fälle (17/39 Patient:Innen) zur Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum. Es lag sowohl für die präklinischen als auch die im Schockraum gemessenen SpO_2 Werte keine Normalverteilung vor (Shapiro Wilk $p < 0,05$). Mit einem $p = 0,640$ für die präklinische SpO_2 Werte und einem $p = 0,583$ für SpO_2 Werte im Schockraum wies auch das Kolmogorov – Smirnov – Z keine Unterschiede der SpO_2 Werte zwischen Patient:Innen mit/ ohne Thoraxdrainage auf. Im Mann-Whitney-U Test zeigte sich weder für die präklinischen noch für die Schockraum Werte eine statistische Signifikanz (Prälinik: $U = 121,500$; $Z = -0,732$; $p = 0,464$ Schockraum: $U = 141,000$; $Z = -$

0,839; $p = 0,401$). Die Spearman-Roh Analyse wies keine Korrelation zwischen SpO_2 Wert und Anlage einer Thoraxdrainage bei gemessenen SpO_2 Werten $< 85\%$ auf (Prälinik $\rho = -0,052$; $p = 0,775$, Schockraum $\rho = 0,022$; $p = 0,900$). Wurden präklinisch Werte von kleiner 80% gemessen steigerte sich die Wahrscheinlichkeit der Thoraxdrainagen Anlage auf $53,3\%$. Im Shapiro-Wilk-Test lag für die präklinisch und innerklinischen SpO_2 Werte eine Normalverteilung vor. Im t-Test lag keine statistische Signifikanz vor (Prälinik: $t(16) = 0,407$, $p = 0,690$, $d = 0,098$; Schockraum: $t(17) = -0,721$, $p = 0,481$, $d = -0,169$). Die Testung in der Pearson Korrelation zeigte sich mit einem $\rho = -0,186$, $p = 0,459$ für die Schockraumwerte eine geringe Korrelation zwischen $\text{SpO}_2 < 80\%$ und Anlage einer präklinischen Thoraxdrainage. Für präklinische SpO_2 Werte kleiner 80% lag keine Korrelation im Perason-Test vor ($\rho = -0,094$, $p = 0,719$). Bei einem präklinisch gemessenen systolischen Blutdruck kleiner 110mmHg lag die Wahrscheinlichkeit für die Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum bei $29,8\%$ ($31/104$ Fälle). Im Shapiro-Wilk Test konnte keine Normalverteilung für präklinisch und eine Normalverteilung für im Schockraum gemessene systolische Blutdruck Werte gezeigt werden (Prälinik $p = 0,007$; Schockraum $p = 0,118$). Für die präklinischen Werte lag kein signifikanter Unterschied zwischen dem systolischen Blutdruck und der Anlage einer Thoraxdrainage vor (Prälinik: $U = 1695,000$; $Z = -0,748$; $p = 0,454$) im Schockraum zeigte sich im t-Test ebenfalls keine statistische Signifikanz zwischen Blutdruck und Anlage einer Thoraxdrainage ($t(138) = -1,116$, $p = 0,267$, $d = 0,095$). In der Spearman-Roh und Pearson-Korrelation zeigte sich für die Prälinik und die Schockraumversorgung keine Korrelation zwischen systolischen Blutdruckwerten $< 110\text{mmHg}$ und der Anlage einer Thoraxdrainage (Prälinik: $\rho = 0,066$, $p = 0,456$; Schockraum: $\rho = 0,095$, $p = 0,267$). Wurden noch niedrigere Blutdrücke erfasst, änderte sich die Verhältnismäßigkeit kaum ($\text{RR}_{\text{syst}} < 100\text{ mmHg}$ $22/77$ Fälle ($28,6\%$), $\text{RR}_{\text{syst}} < 95\text{ mmHg}$ $21/73$ Fälle ($28,8\%$)). Der Shapiro-Wilk Test zeigte für die präklinischen Werte $< 100\text{ mmHg}$ keine Normalverteilung ($p = 0,014$), im Schockraum lag eine Normalverteilung vor ($p = 0,098$). Der Mann-Whitney-U erbrachte für die Werte der Prälinik keine statistisch signifikanten Unterschiede der Blutdruckwerte zwi-

schen Patient:Innen mit/ ohne Thoraxdrainage ($U = 787,500$; $Z = -1,641$; $p = 0,101$). Der t-Test für die im Schockraum gemessenen Blutdruckwerte zeigte keine statistische Signifikanz zwischen den Patient:Innen Gruppen ($t(100) = -0,381$, $p = 0,704$, $d = -0,038$). Die Korrelation zwischen präklinischem Blutdruck und Anlage einer Thoraxdrainage war schwach vorhanden (Spearman-Rho $\rho = 0,170$, $p = 0,101$). Für die Blutdruckwerte im Schockraum lag keine Korrelation im Pearson-Produktmoment vor ($\rho = -0,038$, $p = 0,704$). Lagen Pulsfrequenzen von über 110 bpm vor, kam es in 29,50% (43/146 Fälle) zu einer Drainagen Anlage im Schockraum. Der Shapiro-Wilk Test fehlte eine Normalverteilung für Werte aus dem Schockraum ($p = 0,007$), in den präklinischen Daten zeigte sich eine Normalverteilung ($p = 0,161$). Für präklinische Werte fehlte im t-Test eine statistische Signifikanz zwischen Pulsfrequenz im Schockraum und Anlage einer Thoraxdrainage ($t(102) = -0,452$, $p = 0,653$, $d = -0,045$). Im Mann-Whitney-U Test zeigte sich ebenfalls keine statistische Signifikanz zwischen Pulsfrequenz und Thoraxdrainagen Anlage für Werte im Schockraum ($U = 1479,500$; $Z = -0,342$; $p = 0,732$). Auch hier zeigte sich keine Korrelation zwischen einer Pulsfrequenz > 110 und der Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum (Spearman – Roh $\rho = 0,031$, $p = 0,734$). Eine Korrelation konnte auch nicht für die präklinischen Werte nachgewiesen werden (Pearson-Korrelation $\rho = -0,073$, $p = 0,462$). Zeigten sich Frequenzen von über 120 bpm kam es in 36,40 % (36/99) Fällen zu einer Drainagen Anlage im Schockraum. Die Normalverteilung lag sowohl für präklinische Werten ($p = 0,544$) und für Werte im Schockraum vor ($p = 0,224$). Für präklinische Werte fehlte die statistische Signifikanz zwischen Pulsfrequenz $> 120/\text{min}$ und Thoraxdrainagen Anlage ($t(59) = -1,488$, $p = 0,142$, $d = -0,192$). Im t-Test zeigte sich ebenfalls keine statistische Signifikanz zwischen Pulsfrequenz im Schockraum und Anlage einer Thoraxdrainage ($t(61) = 0,343$, $p = 0,733$, $d = 0,044$). Für die Korrelation zwischen Pulsfrequenz und Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum gab es für die Schockraum Werte keine Änderungen (Schockraum Pearson-Korrelation $\rho = 0,044$, $p = 0,733$) Für die Präklinik zeigte sich jedoch eine geringe Korrelation

4. Ergebnisse

zwischen Pulsfrequenz über 120/ min und der Anlage einer Thoraxdrainage im SR (Prälinik $p = -0,190$, $p = 0,142$).

Thoraxdrainage bei AF >25/min Häufigkeit in n= (Thoraxdrainage bei AF >25/min Relative Häufig- keit in %)					
Diagnose		Hämatothorax	Pneumothorax	Hämatopneumothorax	Spannungspneumothorax
Ja	17 (53,1)	3 (17,6)	8 (47,1)	4 (23,5)	2 (11,8)
Nein	15 (67,9)				
Gesamt	32 (100)				

Tabelle 42: 53,1% der Patient:Innen mit einer Atemfrequenz von über 25/min erhielten eine Thoraxdrainage im Schockraum.

	Thorax-drainage bei SpO ₂ <85% Häufigkeit in n= (Thorax-drainage bei SpO ₂ <85% Relative Häufigkeit in %)	Thorax-drainage bei SpO ₂ <80% Häufigkeit in n= (Thorax-drainage bei SpO ₂ <80% Relative Häufigkeit in %)	Thorax-drainage bei RR _{sys} ≤110 mmHg Häufigkeit in n= (Thorax- drainage bei RR _{sys} ≤110 mmHg Relative Häufigkeit in %)	Thorax-drainage bei RR _{sys} ≤100 mmHg Häufigkeit in n= (Thorax- drainage bei RR _{sys} ≤100 mmHg Relative Häufigkeit in %)	Thorax-drainage bei Pulsfrequenz >110 bpm Häufigkeit in n= (Thorax- drainage bei Pulsfrequenz >110 bpm Relative Häufigkeit in %)	Thorax-drainage bei Pulsfrequenz >120 bpm Häufigkeit in n= (Thorax- drainage bei Pulsfrequenz >120 bpm Relative Häufigkeit in %)
Ja	12 (52,2)	11 (55,0)	55 (33,5)	45 (33,8)	43 (29,5)	36 (36,4)
Nein	11 (47,8)	9 (45,0)	109 (66,5)	88 (66,2)	103 (70,5)	63 (63,6)
Gesamt	23 (100)	20 (100)	164 (100)	133 (100)	146 (100)	99 (100)
Spearman - Roh	p = 0,431	p = 0,555	p = 0,192	p = 0,127	p = - 0,089	p = - 0,004

Tabelle 43: Bei einer präklinisch gemessenen peripheren Sauerstoffsättigung von kleiner 85% erhielten 52,2% der Patient:Innen eine Thoraxdrainage im Schockraum. Bei SpO₂ Werten kleiner 80% steigerte sich die relative Häufigkeit einer Drainagen Anlage auf 55,00%. Auch die übrigen Vitalwerte zeigen: Je schlechter der Wert, desto höher die Häufigkeit der Drainagen Anlage.

5 Diskussion und Limitationen

5.1 Demographische Daten

5.1.1 Geschlecht

Im untersuchten Kollektiv lag der Anteil männlicher Patienten bei 76,8% (n=318). Der Anteil weiblicher Patientinnen lag bei 23,2% (n=96). Laut DGU-Jahresbericht aus den Jahren 2021 und 2022 handelte es sich bei 68,9% beziehungsweise 69,6% der Patient:Innen um männliche Patienten. Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei diesen Angaben um das Gesamtkollektiv aller verunfallten Patient:innen handelt (2021 n=29.169, 2022 n=30.806). Eine demographische Aufarbeitung des Gesamtkollektives erfolgte in dieser Arbeit nicht. Im DGU-Jahresbericht 2023 erfolgte die Analyse aller Patient:Innen mit Thoraxtrauma anhand der Gesamtzahl der Patient:Innen aus den Jahren 2020 bis 2022. Somit ist auch auf diesem Wege eine Vergleichbarkeit der Geschlechterverteilung nicht sinnvoll möglich. Weibliche Patientinnen werden im DGU-Jahresbericht nicht gesondert erwähnt [36].

5.1.2 Alter

Das Alter lag im Mittel bei 52,2 Jahren und entspricht damit den durchschnittlichen Altersangaben der vergangenen 10 Jahre im DGU-Jahresbericht [36].

5.1.3 ASA Klassifikation

Im DGU-Jahresbericht werden ausschließlich die ASA-Klassen 3 und 4 statistisch ausgewertet. Die vorliegenden Daten enthalten 45/262 Patient:Innen mit der ASA-Klassifikation 3 und 4 (relative Häufigkeit 17,18%, ASA III 43/262 (16,4%), ASA IV 2/262 (0,80%)). ASA 3 und 4 wird im DGU-Jahresbericht mit einer relativen Häufigkeit im Gesamtkollektiv von 21,9% bei n=76.838 Patient:Innen aus den Jahren 2020 bis 2022 angegeben. Auch hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich um das Gesamtkollektiv aus drei Jahren handelt. Eine Vergleichbarkeit der Daten ist daher nur schwer möglich. Die

uns vorliegenden Daten lassen vermuten, dass weniger schwerer erkrankte Personen ein Thoraxtrauma erleiden [36].

5.1.4 Unfallursache

Bei 20/408 Patient:Innen lag der Verdacht auf ein Gewaltverbrechen vor (Relative Häufigkeit 4,90%). Damit zeigt sich im Vergleich zu den DGU Trauma Registerdaten aus dem Jahr 2022 ein deutlich höherer Anteil an Verdacht auf Gewaltverbrechen (n=829, relative Häufigkeit 2,8%). Mit 4,5% (n=1.353/30.806) wird der Anteil an Patient:Innen mit Verdacht auf Suizid angegeben. Auch hier zeigt sich der Anteil der Patient:Innen mit 12,5% (n=51/408) im untersuchten Kollektiv deutlich höher im Vergleich zu den DGU-Registerdaten. Eine Differenzierung der Patient:Innen mit Thoraxtrauma ist in den DGU-Daten nicht möglich. Es muss davon ausgegangen werden, dass bei Vorliegen des Verdachts auf ein Gewaltverbrechen oder Suizid generell eine größere Verletzungsschwere vorliegt und es somit zu der vorliegenden Diskrepanz der Angaben kommt [36].

5.1.5 Trauma

94,20% der Patient:Innen erlitten ein stumpfes Trauma (n=374/397). 5,80% erlitten ein penetrierendes Trauma (n=23/397). Mit 95,9% bei stumpfem Trauma und 4,1% bei penetrierendem Trauma liegen die untersuchten Daten nahe an den DGU Trauma Register Daten aus dem Jahr 2022. Der Unterschied bei den penetrierenden Traumata lässt vermuten, dass mehr Patient:Innen eine Penetration des Thorax erleiden, beispielsweise durch Hieb- oder Stichverletzungen oder durch Pfählung [36].

5.1.6 Tod

Im Jahr 2022 verstarben laut DGU Trauma Register 13,1% (n=3.771/30.806) im Krankenhaus. Im hier untersuchten Kollektiv lag die Sterblichkeit mit 13,0% (n=54/414). Hier zeigt sich, dass das Thoraxtrauma neben dem schweren

Schädel – Hirn – Trauma zu den tödlichsten Verletzungen bei polytraumatisierten Patient:Innen zählt [36].

5.1.7 Präklinische Versorgungszeiten

Im Schnitt dauerte es im Jahr 2022 vom Unfallzeitpunkt bis zur Aufnahme im Krankenhaus 66 Minuten (Min-Max: 5-240 Minuten). Im DGU Jahresbericht wurden Zeiten von <5 Minuten oder Werte von > 4 Stunden ausgeschlossen [36]. Solche Extremwerte wurden im untersuchten Kollektiv nicht beobachtet. Im Mittel dauerte es 48:28 von Unfall bis Krankenhausaufnahme (Min – Max: 11:00 – 195:00 Minuten). Es muss davon ausgegangen werden, dass hier geographische Umstände maßgeblich zum Zeitunterschied beitragen. Über die Herkunft der Patient:Innen ist nichts bekannt. Da viele polytraumatisierte Patient:Innen auch luftgebunden transportiert werden, kann nur schwer eine Aussage über den Grund der unterschiedlichen Versorgungszeiten getroffen werden. Vermutlich zählen Patient:Innen, welche via RTH eingeflogen werden zu den überregionalen Fällen, sodass diese bereits vor Ort gegebenenfalls eine längere Versorgungszeit bis zum Abtransport benötigt haben. Dieser Aspekt muss im Rahmen weiterer Untersuchungen genauer ausgewertet werden.

Eine Analyse aller Patient:Innen mit präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage oder einer Thoraxentlastung ist im DGU-Jahresbericht 2023 nicht möglich. Die erhobenen Daten zeigen, dass sich die Versorgungszeit im Mittelwert um 11:31 Minuten verlängert, wenn eine Thoraxdrainage angelegt werden muss. Wird keine Thoraxdrainagen-Anlage durchgeführt, verkürzt sich die Versorgungs- und Transportzeit signifikant (Mittelwert ohne Thoraxdrainage 48:54 Minuten, Mittelwert mit präklinischer Thoraxdrainage 59:23 Minuten; $p<0,001$). Vergleicht man die Versorgungs- und Transportzeiten der Patient:Innen mit Thoraxdrainage vor Ort vs. Thoraxdrainage im Schockraum zeigt sich kein signifikanter Unterschied (Mittelwert Thoraxdrainage im Schockraum 45:18 Minuten, $p=0,978$; Mittelwert Thoraxdrainage präklinisch 59:23 Minuten, $p=1,0$). Grund für die fehlende Signifikanz der Zeitunterschiede kann unter anderem

die unterschiedliche Gruppengröße sein. Es zeigt sich erneut, dass für die Vergleichbarkeit der Versorgungszeiten mit versus ohne Thorax-Drainage in der Präklinik ein größeres Patient:Innen Kollektiv von Nöten ist. Des weiteren muss auch hier auf die zum Teil fehlenden Daten aufmerksam gemacht werden, wodurch die Vergleichbarkeit beider Gruppen ebenfalls abnimmt.

5.1.8 Krankenhausverweildauer

Mit im Mittel $15,9 \pm 15,2$ Tagen Krankenhausaufenthalt liegen die Patient:Innen mit Thoraxtrauma im untersuchten Kollektiv etwas über der im Jahresbericht 2023 genannten Verweildauer von $13,7 \pm 16,8$ Tagen [36]. Weitere Begleitverletzungen, die zu einer längeren Krankenhausverweildauer beitragen wurden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Die Spearman-Roh Analyse zeigte mit einem $\rho = 0,069$ ($p = 0,23$) keinen Zusammenhang zwischen präklinischer Versorgungsdauer und Krankenhausverweildauer.

5.1.9 Sterblichkeit bei Thoraxtrauma und präklinischer Thoraxdrainagen Anlage

Im DGU-Jahresbericht 2023 ist eine Selektion nach Verstorbenen durch Thoraxtrauma nicht möglich. Nach wie vor zählt das Thoraxtrauma zu den häufigsten Verletzungen polytraumatisierter Patient:Innen [2, 36]. Liegt bei polytraumatisierten Patient:Innen ein begleitendes Thoraxtrauma vor, steigt die Letalität auf 18% (vs. 7% ohne begleitendes Thoraxtrauma) [37]. Wird präklinisch eine Thoraxdrainage angelegt, zeigt sich in der Kaplan-Meier-Analyse eine deutlich höhere Sterblichkeit ($p < 0,001$ im Log-Rank Test). Ein geschlechtsspezifischer Unterschied konnte nicht nachgewiesen werden. Auch der Vergleich zwischen der Gruppe mit einer frühzeitigen (präklinischen) Thoraxentlastung und der Thoraxdrainagen-Anlage im Schockraum zeigt keinen Überlebensvorteil für Patient:Innen, welche bereits am Unfallort eine Thoraxentlastung erhalten haben. Die Vermutung, dass Patient:Innen, welche eine Thoraxdrainage präklinisch angelegt bekommen, generell schwerer verletzt sind und damit eine höhere Mortalitätsrate aufweisen, konnte in der durchgeführten Analyse der ISS-Werte nicht bestätigt werden. Wird im Schockraum eine Thoraxdrainage angelegt, zeigt sich mit einem $p = 0,002$ eine statistische Signifikanz zwischen Anlage einer Thorax-Drainage und der Mortalität. Die hier durchgeführte geschlechtsspezifische Analyse zeigt einen Überlebensvorteil für männliche Patienten ($p < 0,001$). Stark limitierend auf die Aussage wirkt sich die Gruppengröße der untersuchten Population aus. Auch in dieser Analyse wurden Begleitverletzungen, welche mit einer Erhöhung der Letalität einhergehen nicht berücksichtigt [37]. Die Analyse der ISS-9/16/25 Werte bestätigen die bereits 2003 von Aufmkolk et al. publizierten Ergebnisse, dass eine Zunahme der Verletzungsschwere nicht automatisch mit einer höheren Rate an gelegten Thorax Drainagen einhergeht [2]. Es stellt sich die Frage, ob eine frühzeitigere Intervention bei Patient:Innen mit schwerem Thoraxtrauma die Sterblichkeitsrate minimieren würde. Hierzu zählt ebenfalls die Durchführung einer Notfallthorakotomie (Clamshell-Thorakotomie) zur Blutungskontrolle. Studien mit der Auswertung präklinischer Notfallprotokolle mit Untersuchungsbefunden und präklinischen Vitaldaten sollten zur Klärung die-

ser Frage folgen. Patient:Innen mit Thoraxtrauma, welche bereits am Unfallort versterben, werden nicht im DGU Trauma Register erfasst. Es zeigt sich, dass die formulierte Nullhypothese Gültigkeit behält und nicht verworfen werden kann. Retrospektiv decken sich die hier erhobenen Daten mit einer Analyse von Aufmkolk et al. aus dem Jahr 2003. Die hier durchgeführte Registeranalyse kam unter anderem zum selben Ergebnis. Aufmkolk et al. zeigten, dass Patient:Innen mit übersehenem schweren Thoraxtrauma, beziehungsweise dem Unterlassen der Anlage einer Thorax Drainage, ein besseres Überleben zeigten [2]. Für die in dieser Studie verwendeten Daten muss wieder auf die geringe Gruppengröße der Patient:Innen mit präklinischer Anlage einer Thorax Drainage und der zum Teil lückenhaften Datendokumentation hingewiesen werden. Diese Faktoren erschweren die Vergleichbarkeit der Gruppen mit versus ohne präklinische Intervention erheblich.

5.1.10 Vergleich der ISS-Werte

In der durchgeführten Analyse zeigt sich nur eine geringe Korrelation zwischen der Verletzungsschwere und der Anlage einer Thoraxdrainage. In der Literatur zeigt sich eher ein Zusammenhang zwischen Schwere des Thoraxtraumas und der Anlage einer Drainage [2]. Neben der schwierigen Einschätzung der Verletzungsschwere scheint die Unsicherheit in der Anlage einer Drainage mit Ursächlich für die niedrige Rate an gelegten Drainagen beim Thoraxtrauma zu sein [2].

5.2 Patientenkollektive

5.2.1 Patient:Innen mit Thoraxtrauma

Im gesamten Kollektiv lag in 11,60% (n=48/414) ein Hämato-pneumothorax, in 36,00 % (n=149/414) ein Pneumothorax, in 1,40% (n=6/414) ein Spannungspneumothorax und in 6,00% (n=25/414) ein Hämatothorax vor. Daten aus Saudi Arabien zeigen mit 11,2% (n=236/2109) beispielsweise eine deutlich geringere Inzidenz an Pneumothoraces bei Thoraxtrauma [38]. Lee et al. zeigten für ein Kollektiv in Hong Kong hingegen eine ähnliche Inzidenz für einen Pneumothorax von 30% (n=36/119) [39]. In der weiteren vergleichenden Literatur zeigte sich bei n=300 Fällen in 60% ein Hämatothorax und in 58% ein Pneumothorax [37]. Engelhardt et al. führen keine Diagnose „Hämato-pneumothorax“ und „Spannungspneumothorax“ auf. Leider fehlen bei Engelhardt et al. auch weitere Hinweise auf das Patientenkollektiv, somit ist eine sinnvolle Vergleichbarkeit der vorliegenden Zahlen nicht möglich. Trotz ausführlicher Literaturrecherche konnten kaum weitere Vergleichsdaten zu den oben genannten Diagnosen gefunden werden.

5.2.2 Präklinische Vitaldaten bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma

„Es konnten in der Literaturrecherche mit den Stichwörtern „Thoraxtrauma, Vitalzeichen, Chest Trauma, Vital signs, Respiratory Rate, Heartrate, Bloodpressure, Oxygenation“ keine Studien identifiziert werden, die in ähnlicher Weise alle in der Präklinik zu erhebenden Vitalzeichen analysierten. Zeineddin et al. untersuchten in den USA bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma den Bleeding Risk Index Score (BRI) und den Shock Index (SI) als positive Prädiktoren für eine Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta (REBOA) oder eine Resuscitative Thoracotomy (RT). Hierfür wurden die Vitalwerte SpO₂, Herzfrequenz und systolischer Blutdruck erhoben. In der Veröffentlichung werden nur der systolische Blutdruck (SBP 134 [117-152]) und die Herzfrequenz (HR 90 [76-106]) als einzelne Werte erwähnt. Aus allen Vitalzeichen erfolgte die Berechnung des BRI und des SI. Es zeigte sich in der Gruppe der Patient:Innen mit REBOA/RT deutlich instabilere Vitalwerte (SBP

101 [67-130]; HR 104 [78-115]) [40]. Keneally et al. publizierten 2017 Daten von Militärangehörigen im Irak und Afghanistan nach Thoraxtrauma. Es wurde die Vorhersagekraft von Vitalzeichen in Bezug auf den Einfluss der Physiologie des Säure-Base-Haushaltes ($\text{pH} < 7,2$, Basen Defizit > 6) und der Gerinnung ($\text{INR} \geq 1,5$) untersucht [41]. Vergleicht man die in dieser Arbeit erhobenen Vitalwerte mit Zeineddin et al. zeigen sich ähnliche Werte für den systolischen Blutdruck (Mittelwert 124,03 vs. 134) und die Herzfrequenz (Mittelwert 95,9 vs. 90). Selbst nach Ausschluss der Patient:Innen mit den Werten „0“ änderten sich die Mittelwerte der einzelnen Vitalwerte kaum. Lagen die Diagnosen „Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax“ vor zeigten sich etwas schlechtere Vitalwerte im Vergleich zum Gesamtkollektiv:

Atemfrequenz 17/ min vs. 18/ min

Periphere Sauerstoffsättigung 93% vs. 92%

Systolischer Blutdruck 124 mmHg vs. 120 mmHg

Pulsfrequenz 96 bpm vs. 97

Im weiteren Verlauf wird auf den Zusammenhang zwischen Vitalzeichen und Wahrscheinlichkeit der Thoraxdrainagen-Anlage noch eingegangen.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

5.2.3 Demographische Daten bei Patient:Innen mit Thoraxdrainagen-Anlage

Die durchgeführten Analysen zeigten weder für das Alter noch für die ASA-Klassifikation, die Unfall Ursache oder die Art von Trauma eine statistische

Signifikanz im Zusammenhang mit der Drainagen Anlage in der Präklinik oder im Schockraum.

5.2.4 Präklinische Durchführung einer Thorax-Entlastung

8,50% (33/388) des Kollektivs erhielten präklinisch eine Thoraxdrainage. In 1,70% (4/236) erfolgte die Nadeldekompression. Entgegen der aktuellen S3-Leitlinie erfolgte nur in 50% eine endgültige Therapie im Sinne einer Thoraxdrainage nach Nadeldekompression [1]. In 32 Fällen wurde bei der Diagnose „Spannungs-/Hämato-/Hämatopneumo-/Pneumothorax“ präklinisch eine Thoraxdrainage angelegt. Die vier bereits oben erwähnten Fälle mit Nadeldekompression sind in diesem Kollektiv enthalten. Eine Studie von Kaserer et al. zeigte, dass in 17 von 24 Fällen mit Thoraxtrauma eine Nadeldekompression durchgeführt wurde. In drei Fällen sei die Nadeldekompression initial erfolgreich gewesen. Im durchgeführten CT zeigte sich jedoch in allen drei Fällen die Dislokation der Dekompressionsnadel. In den übrigen 14 Fällen war bei sieben (50%) die Nadeldekompression nicht erfolgreich. Diese erhielten unmittelbar vor Erstellen eines Röntgenbildes beziehungsweise einer CT-Untersuchung eine Thoraxdrainage [42]. Bayer et al. untersuchten den Zusammenhang zwischen Verletzungsschwere bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma und der Anlage einer Thoraxdrainage. Bei 22% der Patient:Innen mit einem $AIS_{Thorax} \geq 5$ erfolgte die Anlage einer Thoraxdrainage. Im Gesamtkollektiv erfolgte in 8% (3.862/19.879) der Fälle eine Thoraxdrainagen-Anlage. Es zeigt sich, dass im hier untersuchten Kollektiv die Gesamtzahl der präklinischen Thoraxdrainagen-Anlagen vergleichbar hoch ist (8,5% vs. 8,0%). Eine Differenzierung in die einzelnen Diagnosen erfolgt in der vorliegenden Studie nicht. Somit ist eine Vergleichbarkeit mit der hier durchgeführten Differenzierung nicht möglich [43]. In einer Untersuchung mit 110 polytraumatisierten Patient:Innen erhielten 45 von 60 Fälle eine Thoraxdrainage bei Thoraxtrauma [44]. Im Vergleich aller durchgeführten Thoraxdrainagen mit der Gruppe der Patient:Innen mit der Diagnose „Spannungs-/ Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumothorax“ fällt die Diskrepanz von einem Fall zwischen beiden

Gruppen auf (33 vs. 32). Hierbei erfolgte die präklinische Anlage der Drainage aufgrund von respiratorischer Instabilität und instabilem Thorax und der Diagnose „Lungenkontusion“.

5.2.5 Vitalwerte bei präklinischer Anlage einer Thoraxdrainage oder Nadeldekompression

„Mit einem p-Wert von 0,006 bei der peripheren Sauerstoffsättigung, sowie einem p-Wert von 0,013 für den systolischen Blutdruck liegt eine statistische Signifikanz zwischen der Interventionsgruppe (präklinische Thorax-Entlastung) und der Kontrollgruppe (Keine Intervention) vor.“ (Artikel im Review Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine Submission ID 430c5ad9-8257-4718-9d03-97c4856190d8) Bei der peripheren Sauerstoffsättigung lag der Unterschied zwischen beiden Gruppen bei -12,335% SpO₂, beim systolischen Blutdruck bei -26,911mmHg. „Die Annahme, dass die Interventionsgruppe schwerer verletzt und deshalb deutlich schlechtere Werte bei Blutdruck und Sauerstoffsättigung aufweisen, sollte durch Folgestudien geklärt werden. Die fehlende Signifikanz bei Atemfrequenz und Puls scheint darauf zu basieren, dass beide Gruppen durch Schmerz und Stress zu einer ähnlich hohen Atem- und Pulsfrequenz tendieren. Des weiteren lassen sich Confounder wie bradykardisierende Medikamente oder begleitende Schädel-Hirn-Traumata nicht ausschließen. Hierfür wäre ebenfalls die Auswertung präklinischer Notarztprotokolle mit Anamnese und Vormedikation notwendig.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine) Auch zu dieser Datenanalyse konnten keine vergleichbaren Studien gefunden werden.

5.2.6 Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum

Ein Viertel aller Patient:Innen mit Thoraxtrauma erhielten im Schockraum des Klinikum Stuttgart nach Ankunft eine Thoraxdrainage. Mit 47,10% erfolgte in den meisten Fällen die Anlage aufgrund der Diagnose „Pneumothorax“ (55/104). Bei 11/104 Patient:Innen wurde die Drainage aufgrund der Diagnose „Hämatothorax“ angelegt. Chrysou et al. zeigten in ihrem Kollektiv mit 110 Patient:Innen mit Thoraxtrauma, dass bei 60 Patient:Innen die Anlage einer Drainage auf Basis der Diagnose „Pneumothorax“ oder „Hämatothorax“ erfolgte (54,4%) [44]. Studien, die weitere Diagnosen für eine Thoraxdrainagen-Anlage im Schockraum/ in der Notaufnahme bei Traumapatienten aufführten, konnten nicht gefunden werden.

5.2.7 Präklinische und Schockraum Vitaldaten im Vergleich

„Beim Vergleich der präklinischen und innerklinischen Schockraum-Vitaldaten zeigen sich statistisch signifikante Werte bei präklinischer Atemfrequenz und peripherer Sauerstoffsättigung, sowie dem systolischen Blutdruck im Schockraum.“ (Artikel im Review Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine Submission ID 430c5ad9-8257-4718-9d03-97c4856190d8) Der Pearson-Korrelationskoeffizient zeigt nur einen geringen Zusammenhang zwischen präklinischer Atemfrequenz und peripherer Sauerstoffsättigung und der Wahrscheinlichkeit einer Thorax-Entlastung. „Anhand der vorliegenden Daten kann nicht ersehen werden, ob Patient:Innen während der notärztlichen Versorgung Sauerstoff oder eine Analgesie erhalten haben. Damit wird die Frage aufgeworfen, in wie weit relevante Therapien bei (poly-)traumatisierten Patient:Innen unterlassen oder ungenau dokumentiert wurden.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.) Gleichzeitig kann anhand der signifikanten Unterschiede davon ausgegangen werden, dass bei schlechter peripherer Sauerstoffsättigung Sauerstoff verabreicht wurde und das bei

entsprechenden Schmerzen eine Analgesie erfolgte. Bei Patient:Innen mit Hämatothorax existiert keine statistische Signifikanz der Unterschiede bei der peripheren Sauerstoffsättigung. Es lässt sich nicht ausschließen, dass eine durchgeführte Sauerstoffgabe aufgrund von Hämorrhagie, Hypoperfusion oder Lungenkontusion keinen ausreichenden Erfolg hat. Bei Patient:Innen mit Pneumothorax kommt es zur Verbesserung aller Vitalwerte, sodass darauf geschlossen werden kann, dass eine Therapie im Sinne von Sauerstoffgabe und Analgesie erfolgte. Die Vitalwerte bei Spannungspneumothorax können aufgrund der schlechten Datenlage und der geringen Gruppengröße nicht sinnvoll verglichen werden. „Eine höhere Qualität in der Datenerfassung in der Präklinik und im Schockraum und eine elektronische Übermittlung an das DGU Trauma Register wären hilfreich, um die Aussagen solcher Untersuchungen zu verbessern.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

5.2.8 Vergleich der Vitaldaten mit vs. ohne Intervention

Die signifikanten Unterschiede bei Patient:Innen ohne Thoraxentlastung erklären sich durch die deutlichen Unterschiede der Gruppengröße. Auf eine ausführliche Diskussion der Unterschiede der Vitalzeichen wird daher verzichtet.

5.2.9 Ermittlung notwendiger Thorax Entlastungen in der Präklinik

Für die Ermittlung des Kollektivs wurden die in der S3-Leitlinie zur Versorgung schwerstverletzter und polytraumatisierter Patient:Innen der DGU genannten Vitalwerte herangezogen und betroffene Fälle ausgewählt [1]. In 27 Fällen lag nach Definition eine hämodynamische Instabilität bei Thoraxtrauma vor. In 22 Fällen erfolgte keine Anlage einer Thoraxdrainage/keine Nadeldekompression. In allen 22 Fällen erfolgte allerdings die Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum. Es muss die Frage gestellt werden, welche Gründe für den Verzicht auf die Thoraxentlastung bei offenbar entlastungswürdigem Befund vor-

lagen. Anhand der erfassten Daten lassen sich leider keine Auskultations- oder Sonographie-Befunde ermitteln. Auch in diesem Kontext ist eine Auswertung von Notarztprotokollen notwendig.

5.2.9.1 Vergleich der Sterblichkeit bei Anlage einer Drainage in der Präklinik vs. Anlage einer Drainage im Schockraum

Die durchgeführte Analyse zeigt eine höhere Sterblichkeit bei Patient:Innen mit präklinischer Anlage einer Drainage ohne statistische Signifikanz. Die vorliegende Analyse zum Transportmittel deckt sich mit der in der Literatur zu findenden Ergebnissen. Es werden fast doppelt so viele Patient:Innen präklinisch mit einer Drainage versorgt, wenn diese mittels RTH transportiert werden [2, 45]. Gründe hierfür sind unter anderem die beengten Raumverhältnisse im Hubschrauber und die damit verbundenen Einschränkungen in der Patientenversorgung [2]. Betrachtet man die präklinische Versorgungszeit in Abhängigkeit der Drainagen-Anlage, ist ein Überlebensvorteil für Patient:Innen zu erkennen, die schnellstmöglich in einen Schockraum transportiert werden und bei denen auf die Anlage einer Drainage (trotz vitaler Indikation) verzichtet wird ($p = 0,022$). Dieser Aspekt deckt sich mit dem seit Jahren propagierten Thema, die präklinische Versorgungszeit beim Traumapatienten so kurz wie möglich zu halten [46, 47].

5.2.10 Ermittlung von Cut-Off Werten zur Indikation einer Thorax-Entlastung

„Die vorliegende Analyse legt nahe, dass die Anlage einer Thoraxdrainage/die Thorax-Entlastung desto eher erfolgen sollte, je schlechter die periphere Sauerstoffsättigung und je höher die Atemfrequenz ist. In der statistischen Analyse zeigten sich im Spearman-Roh Test eine geringe Korrelation zwischen einer Atemfrequenz über 25/min und der Anlage einer Thoraxdrainage. Mit einem $p=0,431$ ($p<0,05$) zeigte sich aber für die Korrelation zwischen einer peripheren Sauerstoffsättigung kleiner 85% einen deutlich höheren Wert in der Spearman-Roh Analyse. Sank die Sauerstoffsättigung in der Präklinik auf unter

80%, steigerte sich der Spearman-Roh Wert auf $p=0,555$ ($p<0,05$), und wies damit eine noch höhere Korrelation zwischen $SpO_2<80\%$ und der Anlage einer Thoraxdrainage. Schreyer et al. empfehlen in ihrem Artikel „Management beim Thoraxtrauma und intrathorakalen Verletzungen“ die zügige Anlage einer Thoraxdrainage, je instabiler der/die Patient:Inn ist. Als Instabilitätskriterium wird hier hauptsächlich der systolische Blutdruck verwendet [48]. In der hier durchgeführten Analyse konnte nur eine moderate Korrelation mit $p=-0,3$ ($p<0,05$) im Spearman-Roh Test für systolische Blutdruckwerte <100 mmHg gezeigt werden. Bayer et al. zeigen, dass in 22% der Fälle mit einem $AIS_{Thorax} = 4$, beziehungsweise 34% mit einem $AIS_{Thorax} \geq 5$ der systolische Blutdruck initial bei 90mmHg, oder niedriger war [43]. Im, in dieser Arbeit untersuchten Kollektiv erhielten 21 von 73 Patient:Innen mit einem systolischen Blutdruck <90 mmHg eine Thoraxdrainage. Die Schwere der Thoraxverletzungen wird in diesem Kollektiv nicht zusätzlich ausgewertet. Vermutlich liegt der AIS_{Thorax} in diesem Kollektiv auch bei > 4 . Für die Pulsfrequenz konnte keine Korrelation in der Spearman – Roh Analyse errechnet werden (Puls $> 110/min$ $p=0,059$ ($p=0,561$); Puls $>120/min$ $p=-0,004$ ($p=0,976$)). Die Analyse der präklinischen Vitalwerte im Zusammenhang mit der Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum zeigt, dass die Vitalwerte Atemfrequenz und periphere Sauerstoffsättigung den höchsten positiv prädiktiven Wert zu haben scheinen.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emerge)

5.3 Limitationen

Im Laufe der Datenanalyse zeigten sich viele fehlende Einträge bei der ASA-Klassifikation ($n = 151/414$) und der Dokumentation der Atemfrequenz im Schockraum ($n = 74/104$). Aufgrund dieser Datenlücke ergeben sich in der Auswertung Ungenauigkeiten in der Gruppengröße und somit eine schwerere Vergleichbarkeit von Vitalwerten aus Präklinik und Schockraum. In diesem Kontext sollte auf die Dokumentation der Werte mehr geachtet werden, um die Vergleichbarkeit zu verbessern.

Trotz der klaren Empfehlung zur Anlage einer Thoraxdrainage als endgültige Therapie nach Durchführung einer Nadeldekompression erfolgte diese in den wenigsten Fällen. Für zukünftige Untersuchungen zur präklinischen Versorgung von Thorax-Traumata scheint es sinnvoll, Notarztprotokolle auszuwerten. Somit würden auch Fälle erfasst werden, die bereits am Unfallort versterben. Ein Selektion-Bias in der Datenerfassung könnte so ausgeschlossen oder minimiert werden.

„Bei den Vitalwerten als Instabilitätskriterien handelt es sich um Surrogat-Parameter in Klinik und Präklinik. Somit geben sie ausschließlich einen Anhalt für den vitalen Zustand des/der Patient:Inn. Weitere Hinweise auf einen Interventionsbedarf wie Dyspnoe, Spontanschmerz bei Inspiration, Auskultations- oder Sonographie Befunde werden im vorliegenden Datensatz nicht erhoben. Wie bereits im Kontext der endgültigen Versorgung nach Nadeldekompression erwähnt, sollten auch für weitere Surrogat Parameter die Notarztprotokolle ausgewertet werden.“

Anhand der Protokolle könnten Unklarheiten bei dokumentierten Vitalwerte näher ergründet werden. So wurden beispielsweise systolische Blutdruckwerte von „0“ mmHg dokumentiert, ohne dass die Reanimation bei diesen Fällen dokumentiert wurde.

Anhand der erhobenen Daten können auch keine Rückschlüsse auf eine erfolgte Sedierung bei Traumapatient:Innen gezogen werden. Eine erfolgreiche Analgesie wirkt sich positiv auf die Vitalparameter im Sinne einer Stressreduktion aus. So stellt sich die Frage, welche kausale Ursache eine Verbesserung der Vitalparameter nun hat.

Auffallend war ebenfalls, dass bei intubierten Patient:Innen unzureichend die Kapnographie dokumentiert war. Die Kapnographie als standardmäßiger Parameter bei intubierten Patient:Innen wird regelhaft auf Narkoseprotokollen, sowohl in Papier als auch in elektronischer Form dokumentiert.

Im DGU-Trauma-Register Bogen wird aktuell nur die Durchführung einer FAST-Sonographie beziehungsweise die Durchführung einer Abdomen-Sonographie dokumentiert. Für die Vergleichbarkeit der präklinischen Versorgung polytraumatisierter Patient:Innen mit der aktuellen S3-Leitlinie zur Versorgung schwerstverletzter und polytraumatisierter Patient:Innen wäre auch die Dokumentation einer eventuell durchgeführten Thorax-Sonographie zum Ausschluss oder Nachweis eines Pneumothorax sinnvoll.“ (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.) Des Weiteren fehlen im Erhebungsbogen die Dokumentation zur präklinischen Sauerstoffgabe bei spontanatmenden Patient:Innen mit (Thorax)Trauma.

6 Zusammenfassung

Für diese Studie wurden über einen Zeitraum von 5 Jahren retrospektiv 414 Fälle mit Thoraxtrauma aus den DGU-Trauma-Registerdaten aus dem Schockraum des Klinikum Stuttgart ermittelt. Ziel dieser Dissertation war die Untersuchung präklinischer und innerklinischer Vitaldaten, sowie die präklinische und innerklinische Durchführung einer Thoraxentlastung. Weiterhin wurde untersucht, welche Patient:Innen bereits präklinisch eine Thoraxdrainage gebraucht hätten, diese aber erst im Schockraum bekommen haben. Ein weiterer Teil befasste sich mit der Therapieempfehlung, nach einer Nadeldekompression eine Thoraxdrainage anzulegen. Für eine interferenzstatistischen Analyse wurde die Nullhypothese „Je früher die Entlastung eines (Spannungs-) Pneumothorax erfolgt, desto niedriger ist die Krankenhausverweildauer und Mortalität“ formuliert.

In einem Gesamtkollektiv aus 1.172 Patient:Innen mit 5.963 Diagnosen konnten nach entsprechender Selektion mit dem Diagnosestichwort „Thorax“ und nach Selektion nach Ausschlusskriterien insgesamt 414 Fälle in die Datenauswertung einfließen. Zur besseren Übersicht wurden mehrere Diagnosen in Gruppen eingeteilt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS Version 30.0.0.0 der Firma IBM.

Die Ergebnisse zeigten einen großen Anteil männlicher Patienten ($n=317/414$). Im Durchschnitt lag das Alter bei $52,2 \pm 20,2$ Jahren. Es handelte sich überwiegend um Patient:Innen der ASA-Klassifikation I. In $n=337$ Fällen handelte es sich um einen Unfall, bei $n=51/408$ Patient:Innen lag der Verdacht auf Suizid vor, in $n=20/408$ Fällen der Verdacht auf ein Gewaltverbrechen. 94,20% ($n=374/397$) erlitten ein stumpfes Trauma, 5,80% ($n=23/397$) ein penetrierendes Trauma. 54/414 Patient:Innen verstarben im Zusammenhang eines Thoraxtraumas. Erfolgte eine präklinische Thorax-Entlastung verzögerte sich die präklinische Versorgungszeit signifikant ($p < 0,001$) um durchschnittlich 11:31 Minuten. Patient:Innen mit Thoraxtrauma verweilten im Mittel 15,99 Tage bis zur Entlassung im Krankenhaus. Ein

Zusammenhang zwischen präklinischer Versorgungszeit und Krankenhausverweildauer konnte im Spearman-Roh Test nicht nachgewiesen werden. Die Sterblichkeit nahm bei Patient:Innen mit präklinisch durchgeführter Thorax-Entlastung signifikant zu ($p < 0,001$). 11% (39/355) der Patient:Innen ohne präklinische Thorax-Entlastung starben und 33,3% (11/33) Patient:Innen mit präklinischer Thoraxdrainage starben. Erfolgte die Anlage einer Thoraxdrainage im Schockraum konnte ein statistisch signifikanter Überlebensvorteil für männliche Patienten ermittelt werden ($p < 0,001$).

Das Kollektiv wurde auf die Diagnosen „Hämato-/ Hämato-pneumo-/ Pneumo-/ Spannungspneumothorax“ hin untersucht. Ein Großteil des Kollektivs erhielt die Diagnose „Pneumothorax“ ($n = 149/414$). Die Analyse der Vitalzeichen erfolgte sowohl im Gesamtkollektiv als auch nach Diagnosen getrennt. Es zeigte sich in allen Fällen eine fehlende Normalverteilung im Shapiro-Wilk-Test. In insgesamt 36/213 erfolgte die präklinische Anlage einer Thoraxdrainage und in 4/132 Fällen eine Nadeldekompression. In der weiteren Analyse konnte gezeigt werden, dass nur in zwei Fällen eine endgültige Anlage einer Thoraxdrainage nach Nadeldekompression erfolgte. Im Schockraum erfolgte in 25,60% der Fälle ($n = 101/406$) die Anlage einer Thoraxdrainage. In 15 Fällen erfolgte bereits die Anlage der Thoraxdrainage in der Präklinik. Als auffälligste Surrogat-Parameter für das Vorhandensein eines therapiebedürftigen Thoraxtraumas konnten die Atemfrequenz und die periphere Sauerstoffsättigung ermittelt werden. Es wurde anhand der präklinischen Vitalwerte ermittelt, dass 22 Patient:Innen bereits in der Präklinik eine Thoraxdrainage benötigt hätten. In allen 22 Fällen wurde die Drainagen-Anlage im Schockraum des Klinikum Stuttgart durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Thoraxdrainagen-Anlage steigt, je schlechter die Vitalwerte in der Präklinik waren.

Im Vergleich mit anderen Daten liegen sehr ähnliche Ergebnisse im Bereich der demographischen Daten vor. In der Diskussion fällt auf, dass keine Untersuchungen existieren, die eine direkte Vergleichbarkeit mit den hier ermittelten Daten zulassen. In den meisten Studien werden bei Patient:Innen mit Thoraxtrauma nur

die Diagnosen Pneumothorax und Hämatothorax erfasst. Auch scheint in den meisten Studien nur die Pulsfrequenz und der systolische Blutdruck als Vitalwert Relevanz zu haben. Der Zusammenhang zwischen Schwere des Thoraxtraumas und der Notwendigkeit einer Thoraxdrainagen Anlage wurde in mehreren Studien gezeigt.

Zusammenfassend kann gezeigt werden, dass Patient:Innen mit Thoraxtrauma in über einem Viertel der Fälle eine Thoraxdrainage im Schockraum erhalten. In 22 Fällen hätte die Anlage bereits in der Präklinik erfolgen sollen. Die Frage, ob Patient:Innen aufgrund einer längeren präklinischen Versorgungszeit ein schlechteres Überleben haben, kann im Kontext der fehlenden Vergleichbarkeit beider Gruppen nicht abschließend geklärt werden. Hierfür sind weitere Studien mit der Analyse präklinischer Daten notwendig. Die Vitalwerte Atemfrequenz und periphere Sauerstoffsättigung scheinen die relevantesten Parameter im Zusammenhang mit der Notwendigkeit einer Thoraxdrainagen Anlage zu sein. Der Zusatznutzen der Sonographie in der präklinischen Notfallmedizin wurde schon in vielen Studien gezeigt. Auch in der aktualisierten S3-Leitlinie zur Versorgung schwerstverletzter und polytraumatisierter Patient:Innen wird die Verwendung eines Ultraschalls in der Präklinik empfohlen. Anhand der Daten kann nicht nachvollzogen werden, ob eine Ultraschalldiagnostik zum Ausschluss oder Nachweis eines (Spannungs-)Pneumothorax durchgeführt wurde. Es scheint sinnvoll, die Verwendung und den Befund des Ultraschalls mit in die Dokumentation auf zu nehmen, um diesem wichtigen Diagnostikum mehr Bedeutung zukommen zu lassen.

Weitere Studien mit Analyse der präklinischen Notarztprotokolle müssen folgen, um die Qualität der präklinischen Versorgung polytraumatisierter Patient:Innen besser beurteilen zu können. (Teile dieses Abschnitts sind Gegenstand des Manuskripts ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘, eingereicht bei International Journal of Emergency Medicine.)

7 References

1. Bieler D, Gooßen K. Polytrauma/ Schwerverletzten-Behandlung: S3 - Leitlinie. 4th ed.; 31.12.2022.
2. Aufmkolk M, Ruchholtz S, Hering M, Waydhas C, Nast-Kolb D. Wertigkeit der subjektiven Einschätzung der Thoraxverletzungsschwere durch den Notarzt. [The value of subjective estimation of the severity of thoracic injuries by the emergency surgeon]. Unfallchirurg. 2003;106:746–53. doi:10.1007/s00113-003-0640-7.
3. Keinert T, Frech T, Henn-Beilharz A. Thoraxtrauma: Von der präklinischen Versorgung bis in den Schockraum. retten! 2018;7:276–85. doi:10.1055/s-0043-118699.
4. McPherson JJ, Feigin DS, Bellamy RF. Prevalence of tension pneumothorax in fatally wounded combat casualties. J Trauma. 2006;60:573–8. doi:10.1097/01.ta.0000209179.79946.92.
5. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Buschmann CT. Trauma-related preventable deaths in Berlin 2010: need to change prehospital management strategies and trauma management education. World J Surg. 2013;37:1154–61. doi:10.1007/s00268-013-1964-2.
6. Dr.-Ing. Christine Höfer, Prof. Dr. Rolf Leferling. Jahresbericht 2022 - TraumaRegister DGU: für das Unfalljahr 2021; September 2022.
7. Haasper C, Junge M, Ernstberger A, Brehme H, Hannawald L, Langer C, et al. Die Abbreviated Injury Scale (AIS). Potenzial und Probleme bei der Anwendung. [The Abbreviated Injury Scale (AIS). Options and problems in application]. Unfallchirurg. 2010;113:366–72. doi:10.1007/s00113-010-1778-8.
8. van Ditschneider JC, Sewalt CA, Palmer CS, van Lieshout EMM, Verhofstad MHJ, Den Hartog D. The definition of major trauma using different revisions of the abbreviated injury scale. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2021;29:71. doi:10.1186/s13049-021-00873-7.
9. Garthe EM, States JDM, Mango NKB. Abbreviated Injury Scale Unification: The Case for a Unified Injury System for Global Use. The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care; August 1999:309–23.

10. Frink M, Lechler P, Debus F, Ruchholtz S. Multiple Trauma and Emergency Room Management. *Dtsch Arztebl Int.* 2017;114:497–503. doi:10.3238/arztebl.2017.0497.
11. Pape H-C, 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'. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014;77:780–6. doi:10.1097/TA.0000000000000453.
12. Stephan JC, Grossner T, Stephan-Paulsen LM, Weigand MA, Schmidmaier G, Popp E. Evaluation der Aufnahmekriterien von Patienten nach Verkehrsunfall in den Schockraum. *Notfall Rettungsmed.* 2021;24:134–42. doi:10.1007/s10049-020-00695-7.
13. Kalkwarf KJ, Goodman MD, Press GM, Wade CE, Cotton BA. Prehospital ABC Score Accurately Forecasts Patients Who Will Require Immediate Resource Utilization. *South Med J.* 2021;114:193–8. doi:10.14423/smj.0000000000001236.
14. Franklin GA, Boaz PW, Spain DA, Lukan JK, Carrillo EH, Richardson JD. Prehospital hypotension as a valid indicator of trauma team activation. *J Trauma.* 2000;48:1034-7; discussion 1037-9. doi:10.1097/00005373-200006000-00006.
15. Tinkoff GH, O'Connor RE. Validation of new trauma triage rules for trauma attending response to the emergency department. *J Trauma.* 2002;52:1153-8; discussion 1158-9. doi:10.1097/00005373-200206000-00022.
16. Henry MC. Trauma triage: New York experience. *Prehosp Emerg Care.* 2006;10:295–302. doi:10.1080/10903120600721669.
17. Sampalis JS, Nathanson R, Vaillancourt J, Nikolis A, Liberman M, Angelopoulos J, et al. Assessment of mortality in older trauma patients sustaining injuries from falls or motor vehicle collisions treated in regional level I trauma centers. *Ann Surg.* 2009;249:488–95. doi:10.1097/sla.0b013e31819a8b4f.
18. Shifflette VK, Lorenzo M, Mangram AJ, Truitt MS, Amos JD, Dunn EL. Should age be a factor to change from a level II to a level I trauma activation? *J Trauma.* 2010;69:88–92. doi:10.1097/ta.0b013e3181e291e9.
19. Mühling B. Stumpfes und penetrierendes Thoraxtrauma. [Blunt and penetrating thoracic trauma]. *Chirurg.* 2017;88:807–16. doi:10.1007/s00104-017-0470-8.
20. Kulshrestha P, Munshi I, Wait R. Profile of chest trauma in a level I trauma center. *J Trauma.* 2004;57:576–81. doi:10.1097/01.ta.0000091107.00699.c7.

21. Waydhas C, Sauerland S. Pre-hospital pleural decompression and chest tube placement after blunt trauma: A systematic review. *Resuscitation*. 2007;72:11–25. doi:10.1016/j.resuscitation.2006.06.025.
22. Hirshberg A, Thomson SR, Huizinga WK. Reliability of physical examination in penetrating chest injuries. *Injury*. 1988;19:407–9. doi:10.1016/0020-1383(88)90135-0.
23. Chan KK, Joo DA, McRae AD, Takwoingi Y, Premji ZA, Lang E, Wakai A. Chest ultrasonography versus supine chest radiography for diagnosis of pneumothorax in trauma patients in the emergency department. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;7:CD013031. doi:10.1002/14651858.CD013031.pub2.
24. Staub LJ, Biscaro RRM, Kaszubowski E, Maurici R. Chest ultrasonography for the emergency diagnosis of traumatic pneumothorax and haemothorax: A systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2018;49:457–66. doi:10.1016/j.injury.2018.01.033.
25. Obermaier M, Katzenschlager S, Schneider NRE. Diagnostik und invasive Maßnahmen beim Thoraxtrauma. [Diagnostics and Invasive Techniques in the Treatment of Chest Trauma]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2020;55:620–33. doi:10.1055/a-0967-1563.
26. Hofer M. Sono Grundkurs: Ein Arbeitsbuch für den Einstieg ; 40 Tabellen und 40 Videosequenzen ; [mit GIT-Bildmaterial von Alexis Müller-Marbach]. 8th ed. Stuttgart, New York: Thieme; 2015.
27. Yadav K, Jalili M, Zehtabchi S. Management of traumatic occult pneumothorax. *Resuscitation*. 2010;81:1063–8. doi:10.1016/j.resuscitation.2010.04.030.
28. Kirkpatrick AW, Rizoli S, Ouellet J-F, Roberts DJ, Sirois M, Ball CG, et al. Occult pneumothoraces in critical care: a prospective multicenter randomized controlled trial of pleural drainage for mechanically ventilated trauma patients with occult pneumothoraces. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013;74:747-54; discussion 754-5. doi:10.1097/ta.0b013e3182827158.
29. Roberts DJ, Leigh-Smith S, Faris PD, Blackmore C, Ball CG, Robertson HL, et al. Clinical Presentation of Patients With Tension Pneumothorax: A Systematic Review. *Ann Surg*. 2015;261:1068–78. doi:10.1097/SLA.0000000000001073.
30. Bushby N, Fitzgerald M, Cameron P, Marasco S, Bystrycki A, Rosenfeld JV, Bailey M. Prehospital intubation and chest decompression is associated with

unexpected survival in major thoracic blunt trauma. *Emerg Med Australas.* 2005;17:443–9. doi:10.1111/j.1742-6723.2005.00775.x.

31. Nienaber U, editor. AIS_TraumaRegister.
32. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hoboken: Taylor and Francis; 2013.
33. Kubinger KD, Rasch D, Moder K. Zur Legende der Voraussetzungen des t -Tests für unabhängige Stichproben. *Psychologische Rundschau.* 2009;60:26–7. doi:10.1026/0033-3042.60.1.26.
34. Ruxton GD. The unequal variance t-test is an underused alternative to Student's t-test and the Mann–Whitney U test. *Behavioral Ecology.* 2006;17:688–90. doi:10.1093/beheco/ark016.
35. Dinneen LC, Blakesley BC. Algorithm AS 62: A Generator for the Sampling Distribution of the Mann- Whitney U Statistic. *Applied Statistics.* 1973;22:269. doi:10.2307/2346934.
36. Dr.-Ing. Christine Höfer, Prof. Dr. Rolf Leferling. TR-DGU-Jahresbericht_2023: für das Unfalljahr 2022; September 2023.
37. Engelhardt M, Orend K-H, editors. *Gefäß- und Thoraxverletzungen*: De Gruyter; 2020.
38. Alghnam S, Aldahnim MH, Aldebasi MH, Towhari JA, Alghamdi AS, Alharbi AA, et al. The incidence and predictors of pneumothorax among trauma patients in Saudi Arabia. Findings from a level-I trauma center. *Saudi Med J.* 2020;41:247–52. doi:10.15537/smj.2020.3.24917.
39. Lee KL, Graham CA, Yeung JHH, Ahuja AT, Rainer TH. Occult pneumothorax in Chinese patients with significant blunt chest trauma: incidence and management. *Injury.* 2010;41:492–4. doi:10.1016/j.injury.2009.12.017.
40. Zeineddin A, Hu P, Yang S, Floccare D, Lin C-Y, Scalea TM, Kozar RA. Prehospital continuous vital signs predict need for resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta and resuscitative thoracotomy prehospital continuous vital signs predict resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;91:798–802. doi:10.1097/TA.0000000000003171.

41. Keneally RJ, Szpisjak DF, Hoffmann PJ, Park EJ, Albergo MS. Vital Signs and Physiologic Derangement in Patients With Thoracic Trauma in Iraq and Afghanistan. *Mil Med.* 2017;182:e1881-e1884. doi:10.7205/MILMED-D-17-00009.
42. Kaserer A, Stein P, Simmen H-P, Spahn DR, Neuhaus V. Failure rate of prehospital chest decompression after severe thoracic trauma. *Am J Emerg Med.* 2017;35:469–74. doi:10.1016/j.ajem.2016.11.057.
43. Bayer J, Lefering R, Reinhardt S, Kühle J, Südkamp NP, Hammer T. Severity-dependent differences in early management of thoracic trauma in severely injured patients - Analysis based on the TraumaRegister DGU®. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2017;25:10. doi:10.1186/s13049-017-0354-4.
44. Chrysou K, Halat G, Hokscho B, Schmid RA, Kocher GJ. Lessons from a large trauma center: impact of blunt chest trauma in polytrauma patients-still a relevant problem? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2017;25:42. doi:10.1186/s13049-017-0384-y.
45. Gries A, Zink W, Bernhard M, Messelken M, Schlechtriemen T. Einsatzrealität im Notarztdienst. *Notfall Rettungsmed.* 2005;8:391–8. doi:10.1007/s10049-005-0756-0.
46. Feero S, Hedges JR, Simmons E, Irwin L. Does out-of-hospital EMS time affect trauma survival? *Am J Emerg Med.* 1995;13:133–5. doi:10.1016/0735-6757(95)90078-0.
47. Petri RW, Dyer A, Lumpkin J. The effect of prehospital transport time on the mortality from traumatic injury. *Prehosp Disaster Med.* 1995;10:24–9. doi:10.1017/s1049023x00041625.
48. Schreyer C, Schwab R. Management beim Thoraxtrauma und bei intrathorakalen Verletzungen. *Wien klin Mag.* 2022;25:132–42. doi:10.1007/s00740-021-00402-3.

8 Erklärungen zum Eigenanteil

Diese Arbeit wurde im Department für Anästhesiologie am Klinikum Stuttgart unter Betreuung von Prof. Markus Küper (Acetabulumchirurgie BGU Tübingen) durchgeführt. Die Konzeption der Studie erfolgte durch mich, Lukas Reccius in Zusammenarbeit mit Dr.med. Martin Breitkopf, Funktionsoberarzt am Department für Anästhesiologie am Klinikum Stuttgart. Die Datenerfassung der DGU Trauma Register Daten erfolgte durch die Kolleg:Innen der Klinik für Unfallchirurgie am Klinikum Stuttgart (CA. Prof. CKnop).

Die statistische Auswertung erfolgte durch mich und unter Anleitung von Dr.med. Martin Breitkopf, Klinikum Stuttgart, Department für Anästhesiologie.

Auf Grundlage des im Rahmen dieser Dissertation ausgewerteten Datensatzes wurde gemeinsam mit Dr. med. Martin Breitkopf, Dr. med. Tomás Da Silva und Prof. Dr. med. Christian Knop eine weiterführende Sekundäranalyse durchgeführt. Das daraus entstandene Manuskript ‚Prehospital physiologic parameters associated with thoracic intervention in patients with thoracic trauma: a retrospective TraumaRegister DGU® study‘ wurde zur Publikation eingereicht. Die Sekundäranalyse verwendet einen neu definierten kombinierten Interventionsendpunkt sowie zusätzliche multivariable Regressions- und ROC-Analysen. Lukas Reccius und Martin Breitkopf erstellten den Manuskriptentwurf; alle Autoren überprüften und überarbeiteten das Manuskript und stimmten der eingereichten Fassung zu.

Ich versichere das Manuskript selbständig anhand der Vorgaben der Universität Tübingen verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen/ Stuttgart, den 28.09.2026 _____

Lukas Reccius

9 Danksagung

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Kollegen aus dem Department für Anästhesiologie, Intensivtherapie, Notfallmedizin und Schmerztherapie am Klinikum Stuttgart Dr.med. Martin Breitkopf. Dank Deiner Hilfe konnte ich mein Vorhaben von der Idee bis zur Umsetzung in kurzer Zeit realisieren. Du hast mich mit deiner wissenschaftlichen Neugierde angesteckt und mir Dank Deines Netzwerkes sehr schnell die richtigen Personen vermittelt um alles in die richtigen Wege zu leiten. Auch danke ich Dir für deine Unterstützung als Reviewer und Statistiker. Ich freue mich, in Zukunft weiter mit dir wissenschaftlich tätig zu sein! Dank Deines guten Drahtes nach Tübingen konnte ich schnell Prof. Dr. med. Markus Küper, stellvertretender Leiter der Acetabulum- und Beckenchirurgie an der BGU Tübingen für mein Dissertationsvorhaben als habilitierten Betreuer gewinnen. Dir Markus danke ich für Deine Bereitschaft und dafür, dass Du mit Deinen Ressourcen ebenfalls zum schnellen Gelingen meiner Dissertation beigetragen hast. Einen weiteren Dank für seine wertvolle Tätigkeit als kritischer Reviewer geht an meinen Kollegen aus dem Department für Unfallchirurgie und Orthopädie am Klinikum Stuttgart Dr.med. Tomás Da Silva. Lieber Tomás, ich freue mich auf weitere wissenschaftliche Projekte mit dir! Danke auch an seinen Chef, Prof. Dr. med. Christian Knop, der es mir ermöglichte die Daten des DGU Traumaregisters aus dem Klinikum Stuttgart zu nutzen. Diesen Dank erweitere ich auf alle Kolleg:Innen des Department für Unfallchirurgie und Orthopädie die jeden Tag durch ihre Arbeit im Schockraum zur Sammlung dieser so wichtigen Daten beitragen. Bei dieser Arbeit wurde die methodische Beratung des Instituts für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen in Anspruch genommen. Für die Unterstützung möchte ich mich bei Frau Dr. Marina Pumptow herzlich bedanken. Danke meinen Eltern. Danke dafür, dass ihr mich meinen Weg haben lassen und mich auf diesem begleitet habt. Zuletzt danke ich meiner Frau Marina von ganzem Herzen! Dafür, dass sie durch die Erfahrungen ihrer Dissertation mir viele Unannehmlichkeiten in der Formatierung der Arbeit erspart

8. Danksagung

hat. Dafür, dass Du uns die größten Geschenke auf dieser Welt gemacht hast
und dafür, dass Du seit so vielen Jahren mein Leben bereicherst!