

Aus der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

und

der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Thoraxchirurgie
des Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

Verletzungsmuster und operative Strategien beim penetrierenden
Abdominaltrauma – Eine Untersuchung am Kollektiv ziviler Opfer des
Afghanistankonflikts im Zeitraum von 2007 bis 2016

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Universitätsmedizin

der Johannes Gutenberg - Universität Mainz

Vorgelegt von

Joachim Sahm

aus Heidelberg

Mainz, 2022

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion: 06. Dezember 2022

Den unschuldigen Opfern kriegerischer Auseinandersetzungen
und deren unermüdlichen Therapeuten gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	II
1. Einleitung.....	1
1.1 Ziele der Dissertation.....	3
2. Literaturdiskussion.....	4
2.1 Das penetrierende Trauma.....	4
2.1.1 Das penetrierende Abdominaltrauma.....	5
2.2 Schuss- und Explosionsverletzungen.....	6
2.2.1 Schuss und Schussverletzung.....	6
2.2.1.1 Ballistische Grundlagen von Schussverletzungen.....	7
2.2.2 Explosion und Explosionsverletzungen.....	11
2.2.2.1 Grundlagen von Explosionsverletzungen.....	12
2.3 Diagnostik beim penetrierenden Abdominaltrauma.....	14
2.3.1 Sonographie beim penetrierenden Abdominaltrauma.....	15
2.3.2 Computertomographie beim penetrierenden Abdominaltrauma.....	16
2.3.3 Diagnostische Peritoneallavage.....	17
2.4 Injury Severity Score (ISS) und Abbreviated Injury Scale (AIS98).....	18
2.5 Versorgungsstrategien beim penetrierenden Abdominaltrauma.....	19
2.5.1 Early Total Care (ETC).....	20
2.5.1.1 Laparoskopie.....	21
2.5.2 Damage Control Surgery (DCS).....	22
2.5.3 Selective Non-Operative Management (SNOM).....	23
2.6 Chirurgische Ausbildung für das Trauma der Körperhöhlen.....	24
2.7 Demographische und medizinische Hintergründe.....	26
3. Material und Methoden.....	28
3.1 Datenerhebung.....	28
3.2 Statistische Auswertung.....	30
3.3 Literaturrecherche.....	30
4. Ergebnisse.....	31
4.1 Verletzungsentität und allgemeine Daten des Patientenkollektivs.....	31

4.2 Zeitliche Häufigkeiten der Verletzungen.....	32
4.2.1 Zeitliche Häufigkeiten der Verletzungen mit Differenzierung nach Verletzungsentität.....	33
4.3 Injury Severity Score (ISS).....	34
4.4 Operatives versus konservatives Therapieregime.....	35
4.4.1 Therapeutische versus nicht therapeutische Laparotomie.....	36
4.5 Differenzierung der verletzten Organsysteme.....	37
4.5.1 Differenzierung der verletzten Organsysteme nach Verletzungsentität.....	39
4.6 Operative Prozeduren nach Organsystem.....	40
4.6.1 Dünndarm.....	40
4.6.2 Colon.....	41
4.6.3 Leber.....	42
4.6.4 Milz.....	42
4.6.5 Magen.....	43
4.6.6 Nieren und ableitende Harnwege.....	44
4.6.7 Gefäße.....	44
4.6.8 Zwerchfell.....	45
4.6.9 Pankreas.....	45
4.7 Damage Control Surgery (DCS) versus Early Total Care (ETC) versus Selective Non-Operative Management (SNOM).....	46
4.7.1 Laparostoma.....	46
4.7.2 Belassenes abdominelles Packing.....	47
4.8 Mortalität.....	48
5. Diskussion.....	50
5.1 Einflussfaktoren auf Patientenzahlen und Verletzungsentitäten und deren Bedeutung.....	50
5.2 Einordnung von ISS und Verletzungsschwere.....	52
5.3 Verletzungen der Organsysteme und deren Bedeutung.....	54
5.4 Einordnung der Organprozeduren und des therapeutischen Spektrums....	55
5.4.1 Dünndarm.....	56
5.4.2 Colon.....	56
5.4.3 Leber, Gallenwege und Gallenblase.....	57
5.4.4 Milz.....	59
5.4.5 Magen.....	60
5.4.6 Nieren und ableitende Harnwege.....	61

5.4.7 Zwerchfell.....	62
5.4.8 Pankreas.....	63
5.4.9 Gefäße.....	64
5.4.10 Bewertung des operativen Spektrums.....	65
5.5 Ursache für nicht-therapeutische Laparotomien.....	65
5.6 Einordnung der Mortalität.....	67
5.7 Differenzierung der Versorgungsstrategie.....	68
5.8 Möglichkeiten der Verbesserung in Aus- und Weiterbildung.....	70
5.9 Limitationen.....	73
5.10 Fazit.....	74
6. Zusammenfassung.....	76
6.1 Einleitung.....	76
6.2 Material und Methoden.....	76
6.3 Ergebnisse.....	77
6.4 Schlussfolgerung.....	78
7. Literaturverzeichnis.....	79
8. Danksagung.....	87
9. Tabellarischer Lebenslauf.....	88

Abkürzungsverzeichnis

ACT®	Acute Care in Trauma
AIS98	Abbreviated Injury Scale - Update 1998
ASSET®	Advanced Surgical Skills for Exposure in Trauma
ATLS®	Advanced Trauma Life Support
CT	Computertomographie
DCO	Damage Control Orthopedics
DCR	Damage Control Resuscitation
DCS	Damage Control Surgery
DGAV	Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DPL	Diagnostische Peritoneallavage
DSTC®	Definitive Surgical Trauma Care
eFAST	Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
ETC	Early Total Care
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
IED	Improvised Explosive Device
ISAF	NATO – International Security Assistance Force Mission
ISS	Injury Severity Score
LTT	Life Tissue Training
MASCAL	Mass Casualty – Massenanfall von Verwundeten
MSF	Ärzte ohne Grenzen
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NGO	Non-Governmental Organization
NISS	New Injury Severity Score
RC North	NATO – Regional Command North, Afghanistan
RS	NATO – Resolute Support Mission
SNOM	Selective Non-Operative Management
SOP	Standard Operating Procedure
WehrMedStatInst Bw	Institut für Wehrmedizinalstatistik und Berichtswesen der Bundeswehr
ZNS	Zentrales Nervensystem

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Projektillarten, schematische Darstellung, eigene Abbildung.....	9
Abbildung 2 - Darstellung der Wundhöhle, eigene Abbildung modifiziert nach (20) .	11
Abbildung 3 - Explosion, Abhängigkeit Entfernung/Verletzungsmuster, schematische Darstellung, eigene Abbildung modifiziert nach (27).....	13
Abbildung 4 - Verteilung Verletzungsentität in %	31
Abbildung 5 - Verteilung Häufigkeit Verletzte nach Kalenderjahr.....	32
Abbildung 6 - Anzahl Verletzte nach Jahren differenziert nach Verletzungsentität ...	33
Abbildung 7 - Mittlerer ISS Score nach Verletzungsentität, p=0,00.....	34
Abbildung 8 - Verteilung operative/nicht-operative Therapie.....	35
Abbildung 9 - Verteilung therapeutische/nicht-therapeutische Laparotomie	36
Abbildung 10 - Anzahl verletzter Organsysteme in %	37
Abbildung 11 - Verletzte Organe/Organsysteme gesamt in %	38
Abbildung 12 - Verletzte Organe/Organsysteme nach Verletzungsentität in %	39
Abbildung 13 - Operatives Management Dünndarmläsion.....	40
Abbildung 14 - Operatives Management Colonläsion	41
Abbildung 15 - Operatives Management Läsion von Leber und Gallenblase	42
Abbildung 16 - Operatives Management Milzläsion	42
Abbildung 17 - Operatives Management Magenläsion.....	43
Abbildung 18 - Operatives Management Läsion Nieren und ableitende Harnwege..	44
Abbildung 19 - Operatives Management Gefäßläsionen.....	44
Abbildung 20 – Differenzierung Versorgungsstrategie	46
Abbildung 21 - Anlage eines Laparostoma.....	46
Abbildung 22 - Belassenes abdominelles Packing.....	47
Abbildung 23 - Mortalität gesamt.....	48
Abbildung 24 - Mortalität nach Verletzungsentität	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Vordefinierte operative Organprozeduren.....	29
Tabelle 2 - Aufteilung therapeutische/nicht-therapeutische Laparotomien nach Verletzungsentität.....	36
Tabelle 3 - Gegenüberstellung Zahl verletzter Organsysteme nach Verletzungsentität.....	37

1. Einleitung

Das penetrierende ist im Vergleich zum stumpfen Abdominaltrauma in Deutschland und dem westlichen Europa eine seltene Verletzungsentität (1, 2). Schussverletzungen sind hierbei deutlich seltener anzutreffen als Stichverletzungen. Penetrierende Verletzungen in Folge von Explosionen sind als Rarität zu bezeichnen. Bei Schuss- und Explosionsverletzungen korrelieren die prima vista zur Darstellung kommenden äußeren Wunden nicht zwingend mit den durch ein Projektil oder ein Fragment intrakorporal hervorgerufenen Verletzungen, da zahlreiche Parameter für das Ausmaß der Zerstörung von Gewebe entscheidend sind.

Eine Ableitung des therapeutischen Vorgehens beim penetrierenden Trauma vom stumpfen Trauma ist aufgrund des unterschiedlichen Verletzungshergangs, der dadurch betroffenen Strukturen und davon abhängigen Notwendigkeiten nicht ohne weiteres möglich.

Vor diesem Hintergrund stellt die Versorgung von Patienten nach Schuss- und Explosionstrauma für die Chirurgeninnen und Chirurgen eine große Herausforderung dar und die oben aufgeführten Faktoren in Kombination mit der relativ geringen Inzidenz sind eine wesentliche Ursache von Unsicherheiten der Therapeuten im Umgang und der Behandlung der betreffenden Patienten (3).

Aufgrund der weltweit zunehmenden terroristischen Bedrohung, ist in Mitteleuropa nach den Anschlägen von Norwegen 2011, Paris 2015 und Brüssel 2016, um nur exemplarisch Terrorakte unter Einsatz von Schusswaffen und Sprengstoff in unserem europäischen Umfeld zu nennen, die Betrachtung und Relevanz von Schuss- und Explosionsverletzungen in einen deutlich zentraleren Fokus gerückt. Insbesondere bei diesen vorgenannten terroristischen Akten waren die verwundeten Patienten allesamt zufällige zivile Opfer und ausnahmslos ohne eine Form der Schutzausrüstung verletzt worden. Wie die Beispiele zusätzlich zeigen, traten in diesen Szenarien hohe Zahlen von Verletzten auf, die dann jeweils in den lokalen Krankenhäusern der Region primär behandelt werden mussten. Für die Anschlagregionen gilt, dass penetrierende Verletzungen durch Schusswaffen oder Sprengstoff nicht zu den für die Region typischen und häufigen Verletzungsmustern zu zählen sind.

Aufgrund der hervorgerufenen Verletzungen ist das penetrierende Abdominaltrauma mit einer hohen Letalität assoziiert (4). An erster Stelle sind hier kausal die durch die Penetration hervorgerufenen Blutungen zu nennen (5). In der jüngeren Vergangenheit wurden Daten, welche diese Verletzungsentität betrachtet haben, fast ausschließlich in retrospektiven Analysen durch das Militär, insbesondere von Seiten der NATO-Nationen im Rahmen der Aufarbeitung von Erkenntnissen aus den Kriegen im Irak und in Afghanistan erhoben. Die Auswertungen betrafen allerdings fast ausschließlich die verwundeten und daraufhin behandelten oder ihren Verletzungen primär erlegenen Soldaten (6, 7). Diese waren in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten zunehmend mit effektiveren ballistischen Schutzausrüstungen ausgestattet worden und sind daher bezüglich der Verletzungsmuster als heterogenes Patientenkollektiv zu sehen. Es konnte hierbei jedoch auch bei korrekt getragener ballistischer Schutzausrüstung die Relevanz der Blutung, die in der Bauchhöhle und den Übergangszonen als nicht komprimierbare Blutung angesehen werden muss, als die zentrale Letalitätsursache herausgearbeitet werden (7).

Neben der Blutung ist die durch eine Hohlorganperforation hervorgerufene Kontamination der Bauchhöhle eine weitere Ursache für eine akut lebensbedrohliche Situation und erfordert eine unverzügliche Versorgung (5, 8). Aufgrund des nicht vorhandenen ballistischen Schutzes ist bei zivilen Opfern von Schuss- oder Explosionsereignissen die Inzidenz von thorako-abdominellen Schäden deutlich höher als im militärischen Umfeld.

Um therapeutische Konzepte und Vorgehensweisen zu evaluieren, ist es unabdingbar, Wissen um die Verletzungsmuster des penetrierenden Abdominaltraumas, hervorgerufen durch Projektile aus Schusswaffen oder durch Fragmente nach Explosion, zu akquirieren, sowie die Häufigkeiten und Relevanz derselben zu erfassen, mit dem Ziel die gesamte Komplexität des penetrierenden Abdominaltraumas abzubilden.

Des Weiteren ist es notwendig, die Ausbildung und Erfahrung sowohl im theoretischen Umgang als auch in der praktischen Anwendung von Konzepten bis hin zu detaillierten Einzelmaßnahmen zu verbessern, um Handlungssicherheit bei den Akteuren zu erzeugen.

Davon abgeleitet muss gerade im Zeitalter der Spezialisierung und Subspezialisierung in den Disziplinen der chirurgischen Fächer und immer häufigeren Anwendung

fokussierter minimalinvasiver Behandlungsmethoden die Strukturierung und Intensivierung der Ausbildung für dieses Thema aufgenommen werden, um Handlungskompetenz zu erzeugen.

1.1 Ziele der Dissertation

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Auswertung retrospektiv erhobener Patientendaten von Versorgungen ziviler und nicht mittels ballistischer Protektionsausrüstung geschützter Patienten mit abdominellen Schuss- und Explosionsverletzungen. Diese Daten waren in den Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr in Afghanistan während der International Security Assistance Force (ISAF) und Resolute Support (RS) Missionen im Zeitraum von 2007 bis 2016 erhoben worden, als die Patienten im Rahmen geleisteter humanitärer Hilfe versorgt werden konnten.

Hierzu sind folgende Fragen zu beantworten, die die Ziele dieser Arbeit darstellen:

- Welche Verletzungsmuster und betroffene Organe können ermittelt werden?
- Welche Aussagen lassen sich über die Verletzungsschwere im betroffenen Kollektiv treffen?
- Welche operativen Behandlungsnotwendigkeiten und angewandten operativen Techniken ergeben sich aus den Verletzungen und Verletzungsmustern?
- Welches operative Spektrum muss beherrscht werden, um diesen Notwendigkeiten adäquat Rechnung tragen zu können und welche Veränderungen oder Verbesserungen in der chirurgischen Ausbildung sind dazu erforderlich?

2. Literaturdiskussion

2.1 Das penetrierende Trauma

Das penetrierende Trauma ist in Mitteleuropa, insbesondere in Deutschland, eine in sehr geringer Fallzahl vorkommende Verletzungsentität mit einer Inzidenz von 4,1% aller Traumata. So fallen im Patientenkollektiv, welches über das Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) erfasst wurde, in den Jahren 2008 bis 2018 mit insgesamt knapp 240.000 Patienten lediglich 9.575 (4%) unter die Kategorie penetrierendes Trauma. Hiervon sind als Schussverletzungen 1.123 registriert worden, was wiederum einem Prozentsatz von knapp 0,5% des Gesamtkollektivs entspricht (1). Gemittelt auf ein Jahr bedeutet dies, dass man durchschnittlich im gesamten erfassten räumlichen Bereich, der neben Deutschland auch Krankenhäuser aus Österreich, der Schweiz, Belgien, Luxemburg und den Niederlanden sowie einzelne Krankenhäuser weiterer Länder erfasst, nur auf ca. 870 penetrierend verletzte Patienten kommt. Für die Gesamtzahl der durch Schusswaffen verletzten Patienten ergeben sich daher gemittelt für den identischen räumlichen Bereich lediglich 102 jährlich.

In mehreren Publikationen zeigt sich mit bis zu 89% eine deutlich höhere Zahl an männlichen Patienten mit penetrierendem Trauma im Vergleich zu weiblichen Patienten von bis zu 15%. (1, 9).

In den USA stellt das penetrierende Trauma mit 20% bzw. 10.000 Patienten jährlich eine relevante und im klinischen Alltag regelmäßig vorkommende Situation dar (10). Die vorgenannten jährlich gemittelten 870 Patienten mit penetrierendem Trauma in unseren Breiten sind im Vergleich nur ein Bruchteil, der sich auf weniger als 10% der US-Zahlen beläuft und damit den geringen therapeutischen Umgang als Basis für Erfahrung und sich daraus entwickelnder Routine verdeutlicht.

Suizide und Suizidversuche sind in all diesen Zahlen jeweils inkludiert. Dies bedeutet, dass die Zahl an penetrierenden Kopfverletzungen, vor allem nach Schusswaffengebrauch, den größten Anteil mit über der Hälfte der Schussverletzungen (52,2%) ausmacht (1).

Ein penetrierendes Trauma als Folge einer Explosion, insbesondere am Körperstamm, ist in unseren Breiten noch weitaus seltener vorzufinden als eine Schussverletzung. In der Literatur sind darüber kaum Informationen zu finden, die in der Differenzierung die Verletzungsmuster detailliert beschreiben, stattdessen steht der grundsätzliche therapeutische Umgang mit den betroffenen Patienten im Fokus der Betrachtung (11, 12).

Aufgrund der Kriege der letzten Jahrzehnte im Nahen Osten steht das penetrierende Trauma bei Ärzten der Streitkräfte westlicher Nationen aber auch darüber hinaus in besonderer Betrachtung, jedoch in erster Linie bezüglich prähospitaler Versorgung und der sich daraus ergebenden Notwendigkeiten für die Rettungsketten (13). Für die präklinische Primärversorgung von Blutungen nach penetrierenden Verletzungen der Extremitäten wurde darüber das Tourniquet in der Rettungsmedizin auch in unseren Breiten rehabilitiert (14).

2.1.1 Das penetrierende Abdominaltrauma

Das penetrierende Abdominaltrauma stellt nur einen geringen Teil der im vorgenannten Absatz beschriebenen Verletzungen aus dem Gesamtkollektiv der penetrierend verletzten Patienten dar. Herbeigeführt durch Einsatz von Schusswaffen oder gar eine Explosion ist dies in unseren Breiten eine Rarität.

Die häufigsten Abdominalverletzungen mit Penetrationswunde sind in Deutschland laut der differenzierten Auswertung der Kohorte über das Traumaregister der DGU Stichverletzungen mit ca. 37%, gefolgt von Schussverletzungen mit 20,4%. Letztlich stehen an dritter Stelle die „anderen Verletzungshergänge“ mit 13,0%, die hauptsächlich von Unfallverletzungen herrühren (1). Explizite Daten über penetrierende Abdominalverletzungen hervorgerufen durch Explosion sind in der aktuellen Literatur aufgrund der verschwindend geringen Inzidenz nicht zu finden.

Die Bedeutung des penetrierenden Abdominaltraumas ist jedoch im Vergleich zu anderen penetrierenden Verletzungen als hoch einzuschätzen, umso mehr, wenn dieses eine Komponente einer Mehrfachverletzung darstellt, da die Mortalität je nach Quelle mit Angaben von 8,2% bis hin zu 57,9% beschrieben ist und damit die Brisanz im Kontext der Traumaversorgung verdeutlicht (15, 16).

Die Grundsätzlichkeit einer notwendigen operativen Behandlung muss differenziert betrachtet werden, insbesondere vor dem Hintergrund der modernen diagnostischen Möglichkeiten, die eine zunehmend detailliertere Befundung erlauben. Auf dieser Basis kann dann eine differenzierte Therapieentscheidung getroffen werden, bei der das Spektrum der Möglichkeiten von einem abwartend beobachtenden Vorgehen bis hin zur Notfalloperation reicht. Diese Tatsache ist eine Quelle, die die Unsicherheit der Therapeuten weiter verstärkt. Die therapeutischen Konzepte müssen für jeden Patienten basierend auf den diagnostischen Befunden und der Einschätzung der Gesamtverletzungsschwere in Korrelation mit der kardiopulmonalen Situation zum Untersuchungs- und damit Entscheidungszeitpunkt erstellt werden (17, 18).

2.2 Schuss- und Explosionsverletzungen

2.2.1 Schuss und Schussverletzungen

Wie vorher beschrieben, sind Schussverletzungen ein geringer Anteil der Verletzungen in Deutschland mit einem Prozentsatz von ca. 0,5%. Mit 52,2% der Schussverletzungen stellt dabei die Kopfverletzung die Majorität dar. Diese wird insbesondere in suizidaler Absicht herbeigeführt und ist mit hoher Mortalität aufgrund der geringen therapeutischen Möglichkeiten zur chirurgischen Intervention vergesellschaftet. Für die abdominelle Schussverletzung stellt sich die Häufigkeit mit rechnerisch ca. 0,1% aller Verletzten als Seltenheit dar (1). Eine Versorgung ist somit aufgrund der geringen Zahlen etwas Außergewöhnliches, da der Umgang mit einer solchen Verletzung nicht zur Routine für die chirurgischen Therapeutinnen und Therapeuten in Deutschland zu zählen ist.

Das Interesse an Schussverletzungen und deren Versorgung wurde durch die Anschlagsgeschehen in Paris und Oslo/Utøya im europäischen Raum deutlich verstärkt. In Paris waren in kurzer Zeit 683 Verletzte entstanden, die in mindestens der Hälfte der Fälle an Schussverletzungen litten und anschließend in Krankenhäusern in der Nähe der Anschlagsorte behandelt werden mussten (19). Auf der Insel Utøya waren es insgesamt 68 Verletzte, die in Folge der Ereignisse behandelt wurden. Die

Hergänge wurden hinsichtlich des Ablaufs detailliert von Beginn der Rettung an aufgearbeitet (20).

Um die hinter einer Schussverletzung steckende Pathophysiologie zu verstehen und in Folge die Verletzungsentität einschätzen zu können, müssen einige Grundlagen dargestellt werden, die insbesondere die ballistischen Vorgänge beleuchten.

2.2.1.1 Ballistische Grundlagen von Schussverletzungen

Eine Schussverletzung ist die Folge der Wirkung eines Projektils. Dies geht grundsätzlich nach den Gesetzen der Ballistik vonstatten (21).

Die Ballistik wird entsprechend aufeinander folgender Phasen in Innen-, Abgangs-, Außen- und Zielballistik unterteilt und unterschieden.

Die Innenballistik beschreibt als erste Phase den Anteil des Vorgangs, bei dem sich ein Projektil nach dem Abfeuern in einem Lauf befindet. Die zweite Phase betrifft den Moment des Verlassens des Projektils aus der Mündung einer Waffe. Abhängig von der Stärke der Treibladung und der Länge eines Laufes ergibt sich dabei eine messbare Geschwindigkeit des Projektils beim Verlassen der Mündung, die als v_0 bezeichnet wird und als Vergleich zwischen verschiedenen Waffen und Kalibern herangezogen werden kann. Die Außenballistik als dritte Phase beschreibt den freien Flug eines Projektils nach Verlassen der Mündung bis unmittelbar vor dem Auftreffen auf ein Ziel. Hierbei wirken vorrangig Luftwiderstand und Erdanziehungskraft. Entscheidend ist diese Phase vor allem, wenn man Schüsse auf weite Distanz betrachtet und analysiert, da sich die Wirkung der vorgenannten physikalischen Faktoren deutlich auswirkt (21).

Diese drei Phasen sind grundsätzlich für das Gesamtverständnis des Schusses und damit die Entstehung und detaillierte Einordnung einer Schussverletzung nicht irrelevant, jedoch haben sie in der Regel nur mittelbar mit den Vorgängen der eigentlichen Entstehung der Verwundung eines Körpers zu tun.

Die für die Schussverletzung entscheidende vierte Phase ist die Zielballistik, die vor medizinischem Hintergrund als Wundballistik bezeichnet wird. Diese beschreibt die Vorgänge, die durch ein Projektil beim Auftreffen sowie Ein- und Durchdringen eines Körpers hervorgerufen werden (21, 22).

Beim Auftreffen und Eindringen eines Projektils auf bzw. in ein Ziel wird dieses abgebremst, es findet eine Energieübertragung nach den physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Energieerhaltung statt. Dabei ist die kinetische Energie ($E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$) entscheidend für die Vorgänge, die sich im Ziel und damit im Körper im Rahmen der Verletzungsentstehung abspielen.

Die am stärksten gewichtete Variable ist in dieser Gleichung die Geschwindigkeit, genauer gesagt die Geschwindigkeit des Projektils beim Auftreffen auf einen Körper, da sie im Quadrat in diese Gleichung eingebracht wird, woraus sich beispielsweise bei einer Verdopplung der Geschwindigkeit eine Vervielfachung der Energie ergibt. Der zweite variable Faktor ist die Masse, welche einfach in das Produkt eingerechnet wird. Vergleicht man die Masse verschiedener Kaliber bzw. Projektilen, ergeben sich auch hier relevante Unterschiede (21, 23).

Hinsichtlich der Energie, mit der sie wirken, werden Waffen in „high velocity“ und „low velocity“ eingeteilt. Auch hier ist die vorgenannte Mündungsgeschwindigkeit, also die Geschwindigkeit des Projektils beim Verlassen der Mündung, der bestimmende Faktor. Es ist für das Projektil, das im Lauf beschleunigt wird, die Maximalgeschwindigkeit, da es im weiteren Verlauf in der Phase des freien Fluges nach Verlassen der Mündung und bei Penetration des Ziels keine weitere Beschleunigung, sondern lediglich eine Abbremsung erfährt (21, 23).

Für die Einteilung in die vorgenannten Gruppen wurde eine Grenze bei der Mündungsgeschwindigkeit (v_0) von 600m/s definiert („low velocity“ < 600m/s, „high velocity“ > 600m/s). Unter „high velocity“ Waffen fallen in der Regel alle Langwaffen wie Gewehre, angefangen von Jagd- und Präzisionsgewehren als Repetierwaffen (jede Patrone muss einzeln in die Kammer repetiert werden) über halbautomatische (lädt die nächste Patrone automatisch nach, zur erneuten Schussabgabe muss allerdings je neu der Abzug betätigt werden) bis hin zu vollautomatischen Gewehren (beispielsweise Sturm- oder Maschinengewehre mit der Möglichkeit der Abgabe mehrerer Schüsse durch Halten des Abzugs). Alle genannte Waffen zeichnet eine relativ große Lauflänge und somit eine längere Strecke der Beschleunigung bis zum Verlassen der Mündung aus (21, 23).

Bei „low velocity“ Waffen handelt es sich in der Regel um Faustfeuerwaffen wie Pistolen und Revolver; auch die meisten Maschinenpistolen sind hierunter

einzugruppiert. Diesen ist der kurze Lauf und die damit verbundene kurze Strecke der Beschleunigung für das Projektil gemeinsam.

Eine entscheidende Rolle für den Energietransfer an das penetrierte Gewebe spielen die Materialbeschaffenheit und der Aufbau eines Projektils (21, 23).

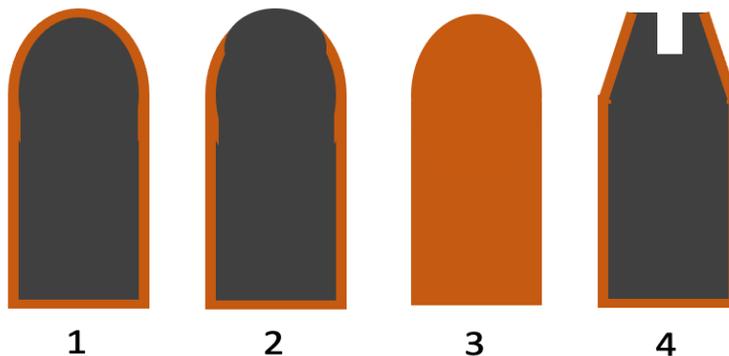


Abbildung 1 – Projektilarten, schematische Darstellung, eigene Abbildung

Man unterscheidet Voll- (Abbildung 1, 1) und Teilmantelprojektilen (Abbildung 1, 2) sowie sogenannte Solid- oder Vollprojektilen (Abbildung 1, 3). Alle anderen sind als Abwandlungen dieser drei, wie beispielsweise ein Hohlspitz-Projektil (Abbildung 1, 4), zu verstehen. Das klassische Vollmantelprojektil besitzt einen Kern aus Blei, der mit einem Tombakmantel (Kupferlegierung) überzogen ist. Davon abgewandelt gibt es Teilmantelprojektilen, bei denen der Mantel an der Projektilspitze ausgelassen ist. Hierdurch unterscheiden sich diese in der Art der Vergrößerung des Querschnitts durch Verformung, die nach dem Auftreffen und Durchdringen eines Ziels vorstättengeht. Teilmantelprojektilen rufen über die gewollte Querschnittsvergrößerung einen höheren Energieübertrag hervor. Solid-Projektilen sind durchgehend aus einem Material gefertigt, wie beispielsweise Kupfer. Die Variation in der Wirkung ergibt sich bei diesen aus konstruktiv vorgegebenen Aufbauten zur Verformung.

Die Verformung, die abhängig vom Projektilaufbau gewollt oder ungewollt auftreten kann, bestimmt, in welchem Maß und wie schnell die Abgabe der Energie an das umliegende Gewebe erfolgt. Es kann durch eine massive Verformung zu einer kompletten Energieübertragung kommen, die im Rahmen der vollständigen Abbremsung im Gewebe zustande kommt.

Formen des Projektilaufbaus mit maximaler Verformungsfähigkeit und dem in Anwendung dadurch provozierten maximalen Transfer der Energie finden ihre Anwendung beispielsweise durch Behörden. Hierzu sei der (finale) Rettungsschuss im Rahmen von Geiselfreiungen exemplarisch genannt. Bei Letzterem schützt man Unbeteiligte durch das Prinzip, dass durch massive Verformung des Projektils im Zielgewebe, auch schon bei kurzer Strecke des Durchdringens, das Projektil aufgehalten wird und es dadurch nicht zum Wiederaustritt kommt, um eine Gefährdung des hinter dem beschossenen Körper befindlichen Gewebes auszuschließen.

Klassischerweise werden allerdings durch Behörden und Streitkräfte (in kriegerischen Auseinandersetzungen durch die Genfer Konvention vorgegeben) Vollmantelprojektilen verwandt. Diese ist weltweit die am häufigsten genutzte Projektilart, die auch am einfachsten (auch illegal) zu beschaffen und damit am besten verfügbar ist.

Die Verformung ist bei diesen Projektilen im Vergleich zu den anderen genannten am geringsten. Jedoch werden auch diese nach dem Auftreffen auf Gewebe im Rahmen des Durchdringens destabilisiert. Es kommt zum sogenannten „Taumeln“, indem das destabilisierte Projektil sich nun auch um die Hoch- und Querachse dreht, was ebenfalls einen Energietransfer beschleunigt (21).

Allgemein gilt, je früher, ausgeprägter und schneller die Verformung oder Destabilisierung eines Projektils nach dem Auftreffen vonstattengeht, desto höher ist die Energieübertragung und damit die Zerstörung im Gewebe.

In der Wunde entsteht um den Schusskanal eine temporäre Wundhöhle, die die momentane Folge der Energieübertragung ist. Je mehr Energie übertragen wird, desto größer ist die temporäre Wundhöhle. Das verdrängte Gewebe zieht sich im Anschluss wieder zusammen und es bleibt der permanente Wundkanal übrig (Abbildung 2). Das Ausmaß der Verletzung ist aber abhängig vom Gesamtvorgang und damit von beiden Komponenten, der temporären Wundhöhle und dem permanenten Wundkanal (22).

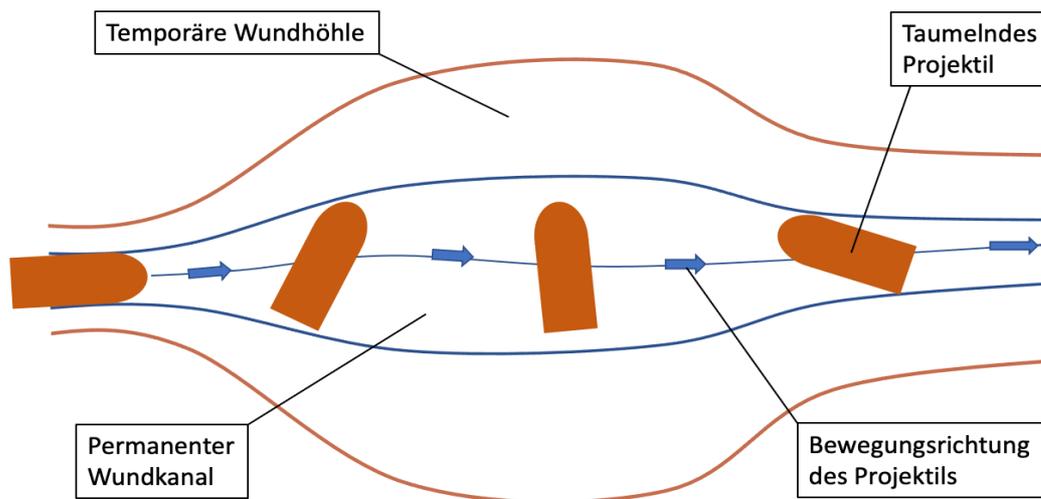


Abbildung 2 - Darstellung der Wundhöhle, eigene Abbildung modifiziert nach (20)

2.2.2 Explosion und Explosionsverletzungen

Relevante Explosionsverletzungen stellen in Deutschland eine Verletzungsentität der absoluten Ausnahme dar (137 Patienten 1993 bis 2012) (11). Dabei nur rudimentär erfasst sind Verletzungen, die auf Boden des Missbrauchs von Feuerwerkskörpern an Silvester zustandekommen. Es finden sich dann vor allem Verletzungen der oberen Extremitäten sowie des Gesichtes (24). Relevante Explosionsereignisse bei denen Menschen zu Schaden kommen, ergeben sich beispielsweise bei Industrieunfällen. Die Explosion als Mittel des Terrors ist jedoch weltweit sehr verbreitet. In Ländern wie Israel stellt die Möglichkeit, einer Explosion ausgesetzt zu werden, ein reelles tägliches Risiko dar (25), um nur ein Beispiel zu nennen. Hier jedoch bezieht sich das meiste an Literatur, das in den letzten Jahren publiziert wurde, auf die situativ taktische Reaktion zur Bewältigung eines solchen Szenarios mit ablaufenden Phasen und Raumgliederungen, dem Gefüge der präklinischen und klinischen Organisation und weniger auf eine individualmedizinische Betrachtung (26, 27).

Grundsätzlich handelt es sich bei den Verletzungsmustern nach Explosionen in aller Regel um thermo-mechanische Kombinationsverletzungen und somit um eine Kombination aus stumpfer, penetrierender und thermischer Energiewirkung (28). Aufgrund der Tatsache, dass Explosionsverletzungen in Deutschland bisher nicht

explizit erfasst werden, abgesehen von der Registrierung bei einer Ausprägung als Polytrauma, ist die Zahl an thermo-mechanischen Kombinationsverletzten in Deutschland auf einem nicht detailliert bekannten Level. Die Masse der relevant durch Explosionsereignisse zu Schaden gekommenen Patienten wird in Schwerbrandverletzententren behandelt.

Für eine primär hohe Mortalität sind Verletzungen des zentralen Nervensystems (ZNS) sowie Blutungen verantwortlich. Verbrennungswunden treten als sekundäre mögliche letale Ursache auf. Hohlorganverletzungen sind neben der Hämorrhagie der Grund für eine primäre chirurgische Intervention (29).

2.2.2.1 Grundlagen von Explosionsverletzungen

Explosionsverletzungen oder auch als Blast Injuries bezeichnete Verletzungen sind in ihren Details definiert. Man unterscheidet primäre, sekundäre, tertiäre, quartäre und seit kurzer Zeit auch quintäre Explosionsverletzungen (29-31).

Unter den primären Blast Injuries werden alle Verletzungen subsummiert, die durch die Druckwelle verursacht werden. Durch das Umsetzen eines Explosivstoffes baut sich abhängig von der genutzten Stoffverbindung eine Druckwelle auf. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit bewegt sich in der Spanne zwischen 300m/s und >9000m/s (32). Je nach Entfernung zur eigentlichen Explosion ist durch die Druckwelle eine direkte letale Wirkung zu verzeichnen. Je größer der Abstand zum Zentrum der Explosion ist, desto geringer fallen die Verletzungen, die durch die Druckwelle verursacht werden, aus (29).

Sekundäre Blast Injuries beinhalten alle Verletzungen, welche durch von der Explosion beschleunigte Teile verursacht werden. Diese folgen ebenfalls den Regeln der Ballistik und können sowohl Bestandteile des eigentlichen Sprengsatzes als auch durch die Explosion beschleunigte, in der Umgebung befindliche Gegenstände sein (31, 33). So sind beispielsweise Glassplitter eines durch die Druckwelle zerstörten Fensters, wenn sie auf einen Körper treffen und dort in Folge Verletzungen verursachen, Auslöser für sekundäre Blast Injuries. Im Vergleich zu aus Schusswaffen verschossenen Projektilen sind die beschriebenen beschleunigten Teile kaum in ihrer Wirkung berechenbar, da die Variabilität in Form, Größe und Masse nicht einzuschränken ist.

Als tertiäre Explosionsverletzungen werden durch das Beschleunigen des Körpers selbst und das damit verbundene An- oder Aufprallen verbundene Läsionen bezeichnet. Je nach Auftreffen auf einen Untergrund oder Gegenstand, ergibt sich hieraus ein Spektrum an Verletzungen von stumpf bis penetrierend (29, 31, 33).

Quartäre Explosionsverletzungen sind durch die Explosionshitze hervorgerufene thermische Verletzungen. Es ergeben sich erst- bis viertgradige Verbrennungswunden (29, 31, 33).

Als quintäre Blast Injuries werden Verletzungen bezeichnet, die nicht durch die vier vorgenannten erfasst werden. Hierzu gehören infektiöse Bestandteile, radioaktive oder biochemische Stoffe, die mit einem Explosivstoff im Rahmen der Detonation verbracht und hierdurch inkorporiert werden und zu hyperinflammatorischen Reaktionen bis hin zu Langzeitschäden führen können (30).

Die bereits vorgenannte Abhängigkeit, mit der die unterschiedlichen Arten der Verletzungen entstehen können, ist die Entfernung zum Zentrum der Detonation (Abbildung 3) und betrifft die primäre bis hin zur quintären Blast Injury.

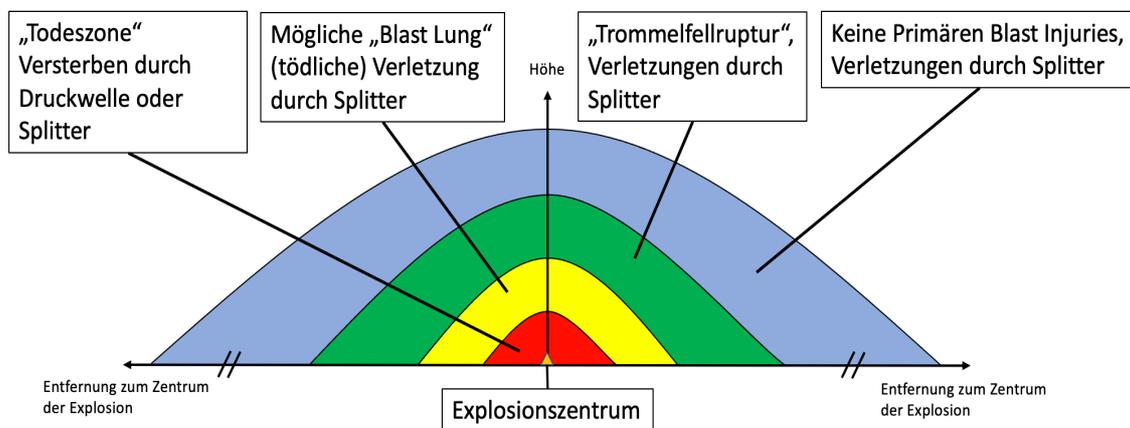


Abbildung 3 - Explosion, Abhängigkeit Entfernung/Verletzungsmuster, schematische Darstellung, eigene Abbildung modifiziert nach (27)

2.3 Diagnostik beim penetrierenden Abdominaltrauma

Für das Trauma steht heute eine algorithmische Untersuchung im Rahmen der Notfallbehandlung als Goldstandard fest (34). Hierbei erfolgt das therapeutische Vorgehen nach dem Prinzip „treat first what kills first“, wie der zentrale Merksatz aus dem Advanced Trauma Life Support (ATLS®) – System lautet. Dies trifft uneingeschränkt auch für das Kollektiv der im Sinne eines penetrierenden Abdominaltraumas verletzten Patienten zu (5). Ziel der Behandlung des penetrierend verletzten Abdomens muss es - unter Berücksichtigung des Gesamtverletzungsmusters - sein, in erster Linie eine Blutung und in zweiter Linie eine Kontaminationsquelle zu detektieren und unverzüglich zu behandeln (35).

Davor und als erster Schritt einer Kaskade, die im weiteren Verlauf auch apparative Untersuchungsmethoden einbezieht, steht grundsätzlich und wenn immer möglich die Anamnese inklusive des Verletzungshergangs. Dies ist allerdings bei vielen der Patienten mit einer penetrierenden Verletzung aus Gründen der eingeschränkten Kommunikationsfähigkeit, sei es durch die primären Folgen der Verletzung oder sekundär durch eine bestehende Intubation, nicht möglich. Daran schließt sich nahtlos ein algorithmisches, vollständiges körperliches Assessment an (36), welches Inspektion, Palpation, ggf. Perkussion und Auskultation beinhaltet. Zu jedem Zeitpunkt kann eine augenscheinliche Verletzung mit detektier- oder visualisierbarer massiver Blutung zum Folgeschritt einer unmittelbaren operativen Therapie führen. Entscheidend für das Gesamtverfahren ist die kardiopulmonale Stabilität im Rahmen der Gesamteinschätzung des Patienten (37). In den Survey integriert ist eine algorithmisch ablaufende sonographische Untersuchung (34, 36).

Eine sich an die klinische und sonographische Untersuchung anschließende Computertomographie bildet heute in dieser Kombination den Goldstandard der Schockraumversorgung eines Traumas und findet diese Anwendung auch beim penetrierenden Abdominaltrauma, hämodynamische Stabilisierbarkeit vorausgesetzt (34, 38).

2.3.1 Sonographie beim penetrierenden Abdominaltrauma

Die Sonographie stellt den Standard der primären Detektion freier Flüssigkeit als point-of-care-Diagnostik beim Trauma im Rahmen des Untersuchungsalgorithmus dar (38). Diese ist als „Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST)“ bzw. in der Weiterentwicklung als „Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (eFAST)“ Bestandteil der Erstuntersuchung bzw. des Primary Survey (39). Im Rahmen dieser standardisierten sonographischen Untersuchung werden die drei Flüssigkeitsräume abdominal (Morrison-, Koller- und Douglas-/Proust-Pouch) sowie das Perikard in der Variante als FAST zur Detektion von freier intraabdomineller Flüssigkeit oder einer Perikardtamponade genutzt (36, 38). Zusätzlich kommt die Untersuchung der Pleura zur Detektion eines Pneumothorax in der Variante als eFAST im Sinne der Erweiterung hinzu (40). Hinterfragt man hierzu aktuelle Evidenzen, findet man für die Sensitivität der sonographischen Detektion freier Flüssigkeit Zahlen, die zwischen 80% und 94% differieren, die Spezifität bewegt sich zwischen 50% und 75% (41). Diese Werte sind abhängig von der Menge an freier Flüssigkeit, so dass für eine hohe Spezifität ein Wert von mindestens 619ml in der Literatur zu finden ist (42), wobei sich dies im Zuge der Evolution der Geräte weiter verringert.

Wie alle sonographischen Untersuchungen liegt die Qualität der Aussage sowohl an der Erfahrung des Untersuchers als auch an den Schallbedingungen, die abhängig von der Auflösung des Gerätes und der Konstitution des Patienten inklusive entstehender Artefakte, z. B. infolge freier intraabdomineller Luft oder eines Hautemphysems artifiziell bedingt, Variabilitäten aufweisen können.

Die über das eFAST hinausgehende Detektion von Organläsionen ist nicht für das Trauma standardisiert und somit als Erweiterung der vorgenannten Untersuchung zu sehen. Diese bedarf aber weiterer und intensiverer Erfahrung des Untersuchers, da hierfür beispielsweise kontrastverstärkte Methoden vonnöten sein können (43).

2.3.2 Computertomographie beim penetrierenden Abdominaltrauma

Die technische Evolution der Computertomographen in den letzten zwei Jahrzehnten ermöglichte die Implementierung der Computertomographie für die Untersuchung von Polytraumapatienten als unabdingbaren Bestandteil der primären Untersuchung im Anschluss an den Primary Survey (34). Die Geschwindigkeit, mit der die Untersuchung heute möglich ist, erlaubt es, ein CT des Kopfes, Halses, Thorax und Abdomens sowie des Beckens in unter 70 Sekunden anzufertigen, und bedeutet daher keine Verzögerung in der Versorgung. Deutlich relevanter ist die Zeit von Trauma bis zur Beendigung des Survey inklusive der CT (44-46). Diese sollte so gering als möglich sein. Es folgt darauf noch die notwendige Auswertung der entstandenen Bilder durch einen Radiologen, so dass die Zeit der Auswertung in aller Regel den größten Faktor darstellt.

Der Einsatz der CT kann in der Kombination mit dem Primary Survey inklusive der eFAST-Sonographie eine deutliche Reduktion von missed lesions bewirken (47). Als wichtig für die Einbindung stellt sich die Abstimmung des Teams dar, denn Informationen aus der ersten Untersuchung, die dem Radiologen vor der Betrachtung und Befundung der Bilder übermittelt werden, lassen diesen fokussiert schon eine Aussage im Überblick zu einem frühen Zeitpunkt der Auswertung treffen. Folge hiervon ist, dass parallel zur weiterlaufenden Befundung bereits therapeutische Maßnahmen am Patienten eingeleitet oder durchgeführt werden können. Dies impliziert auch Therapieentscheidungen in Richtung invasiver Maßnahmen und der Entscheidung, eine operative Therapie unverzüglich zu beginnen.

Für das penetrierende Abdominaltrauma hat dies uneingeschränkt seine Gültigkeit. Die Nachvollziehbarkeit von Schuss- oder Stichkanälen lässt eine Detektion verletzter Strukturen zu, die richtungsweisend für eine folgende Operation oder auch die grundsätzliche Operationsstrategie sein kann. Im Gegenzug behält auch die Regel, dass eine operative Therapie durch diagnostische Maßnahmen keine Verzögerung erfahren darf, ihre Gültigkeit.

Eine Sensitivität von bis zu 95% und Spezifität von bis zu 95% sind für die computertomographische Detektion freier Flüssigkeit anzuführen (48). Bezüglich der Detektion freier intraabdomineller Luft mit kleinsten Luftportionen liegen Sensitivität

und Spezifität bei 50% bis 97,7% bzw. bei 95% bis 98,5% (49, 50). Dies wird aber von den Autoren, die eine niedrige Spezifität detektiert hatten, kontrovers diskutiert.

Die Computertomographie kann vor diesem Zusammenhang vor allem bei uneindeutigen Befunden im Rahmen der klinischen und sonographischen Untersuchung helfen, diese zu präzisieren.

2.3.3 Diagnostische Peritoneallavage (DPL)

Die diagnostische Peritoneallavage (DPL) ist in Westeuropa und insbesondere in Deutschland als Diagnostik sehr weit in den Hintergrund gerückt. In der Leitlinie Polytrauma wird sie als in Ausnahmefällen einsetzbar genannt (34). Hintergrund dieser Empfehlung ist, dass bei einer enorm hohen Sensitivität von 100% eine Spezifität von nur 84,2% nachgewiesen werden konnte (51). Folge können vermeidbare negative Laparotomien sein, die beispielsweise auf kleine peritoneale Einrisse bei retroperitonealem Hämatom zurückzuführen sind (51).

Andere Autoren führen eine Sensitivität von 95% an, empfehlen aber trotz einer niedrigeren Sensitivität mit der Sonographie von 88% diese aufgrund der nicht vorhandenen Invasivität und der nicht vorhandenen Kontraindikationen gegenüber der DPL zu favorisieren (52).

Kontraindikationen für die DPL bestehen in einer vorangegangenen Laparotomie, insbesondere einer Unterbauchlaparotomie. Denkbar vorgesehen werden kann die DPL bei Patienten, bei denen keine Sonographie möglich oder diese nicht aussagekräftig ist. Dies beinhaltet ggf. Patienten mit Adipositas per magna und des Weiteren mit ausgeprägtem Bauchdeckenemphysem (52).

Wichtig hinsichtlich der Einschätzung ist jedoch, dass diese invasive diagnostische Maßnahme in unseren Breiten als Routinevorgehen beim Traumatpatienten nicht mehr verankert ist und daher dagegen ein Vorbehalt besteht. Dies ist in anderen Teilen der Welt different und vor allem in fehlenden Möglichkeiten der Schnittbilddiagnostik oder sogar der Sonographie begründet, erfährt jedoch zunehmend auch dort eine Änderung.

2.4 Injury Severity Score (ISS) und Abbreviated Injury Scale (AIS98)

Für die Einschätzung der Schwere eines Traumas sind mehrere Scores zur Erhebung möglich. Der 1970 entwickelte Injury Severity Score (ISS) wurde 1974 an der Johns Hopkins Universität in Baltimore veröffentlicht (53). Er bezieht mehrere verletzte Körperregionen mit ein und beruht ausschließlich auf anatomischen Kriterien. Der ISS hat zum Ziel, die Verletzungsschwere verschiedener Patienten vergleichbar zu machen, wobei ein höherer Wert eine größere Verletzungsschwere zeigt (53). Des Weiteren soll dadurch das Outcome abgeschätzt und die Effektivität einer Behandlung verglichen werden können.

Zugrunde liegt der Berechnung die 1960 veröffentlichte Abbreviated Injury Scale (AIS), die in ihrem Update von 1998 (AIS98) angewandt wird. Es wird pro verletztem Organ je ein Code mit der Ziffer 0 (= keine Verletzung) bis 6 (= maximale Verletzung (nicht behandelbar)) vergeben. Des Weiteren gibt es einen zusätzlichen AIS Code mit der Ziffer 9 (nicht erfasst), womit dann hierfür kein Wert in den ISS mehr eingerechnet werden kann.

Der ISS ergibt sich nun aus der Summe der Quadrate der AIS98-Werte der 3 am stärksten betroffenen Körperregionen (AIS98_{a-c}) mit der Formel:

$$\text{ISS} = (\text{AIS98}_a)^2 + (\text{AIS98}_b)^2 + (\text{AIS98}_c)^2 \quad (53)$$

Verwendet man den ISS bezüglich des penetrierenden Abdominaltraumas und der Einschätzung des Outcomes von Patienten mit diesem Verletzungsmuster, so ergeben sich relativ niedrigere Werte bezüglich des ISS bei jedoch relativ (deutlich) höherer Mortalität als in einer Vergleichsgruppe mit stumpfem Trauma (54). Die niedrigeren Werte im ISS werden durch die anteilig nur eine Körperregion mit einem Organsystem betreffende Verletzung hergeleitet, was dann nur einen einzelnen Quadratkfaktor in die vorgenannte Summengleichung einbringt. Die im Vergleich höhere Mortalität des penetrierenden Traumas kann als Beleg für die Grenzen der Einschätzung durch den ISS gesehen werden, da die spezifische Bedeutung einer Verletzung und das Outcome nach einer entsprechenden Behandlung nur inkomplett abgebildet werden.

2.5 Versorgungsstrategien beim penetrierenden Abdominaltrauma

Für die Versorgung eines penetrierenden Abdominaltraumas steht das gesamte Portfolio an Möglichkeiten der modernen und auf evidenzbasierten Daten beruhende Spektrum der Traumamedizin zur Verfügung und hat in diesem Zusammenhang auch seine Berechtigung. Es besteht daher die grundlegende Forderung und Notwendigkeit einer angepassten Strategie der Versorgung, die dem Gesamtstatus eines Patienten Rechnung trägt. Die sich ergebenden Auswahlmöglichkeiten bezüglich Strategie oder Prozedur aus dem Gesamtportfolio sind die führende Grundlage für Unsicherheit auf Seiten der Therapeutinnen und Therapeuten.

Nach einer klinischen Untersuchung und der Diagnostik zur möglichst genauen Detektion eines eventuell komplexen Verletzungsmusters bzw. bereits begleitend zu dieser, beginnt die Stabilisierung des Patienten. Dies beinhaltet den Einsatz balancierter Infusionslösungen, von Blut und Blutprodukten sowie den Einsatz des gesamten Portfolios der medikamentösen Gerinnungsstabilisation (55, 56). Vor chirurgischem Hintergrund ist hier das „Decision Making“ bezüglich einer operativen oder (primär) konservativen Versorgung als zentraler Entscheidungsprozess anzugehen. Die Masse der Verletzungen, die bei penetrierenden Verletzungshergängen durch Schuss oder Explosion entstehen, bedürfen der chirurgischen Intervention. Die Evidenz hierfür beruht vor allem auf Literatur, die vor allem auf im Rahmen von militärischen Konflikten entstandenen Zahlen der letzten Jahrzehnte beruht (6, 7, 15). Was man bei diesen Darstellungen beachten muss, ist, dass interventionelle intravaskuläre Prozeduren aufgrund fehlender Materialien und Einrichtungen mit entsprechenden Voraussetzungen in den Szenarien der Konflikte nicht betrachtet werden konnten (57).

Allen Strategien gemeinsam ist das im Fokus stehende Stoppen einer Blutung und das Eingrenzen einer Kontamination, wenn diese vorhanden sind bzw. diagnostisch ein Anhalt dazu besteht. Ein nichtoperatives Vorgehen ist ein relativ neu betrachteter Weg des Umgangs in Fällen mit besonderen Voraussetzungen bezüglich der Diagnostik und notwendigen Überwachungsmöglichkeiten für selektierte Patienten (58).

Wendet man das Prinzip der Einteilung des nicht weiter differenzierten Polytraumas auf das hier im Fokus stehende penetrierende Abdominaltrauma an, wobei letzteres ohnehin das Kriterium mit ISS >16 in vielen Fällen erfüllt, kann für die Entscheidung

der Operationsstrategie die Einteilung in „Stabil“, „Borderline“ und „Instabil/in Extremis“ angewandt werden (59). Diese ergibt sich aus der „klinischen Klassifikation zur Einteilung der Verletzungsschwere eines Polytraumas“. Patienten fallen demnach unter „Stabil“ mit einem initial systolischen Blutdruck von >100mmHg und einer Reaktion mit primärem sowie weiterem Anstieg desselben in einer Reevaluation nach Gabe von 500 bis 1000ml kristalloider Infusionslösung. Unter „Borderline“ werden Patienten mit initial systolischem Blutdruck zwischen 80 und 100mmHg eingruppiert, die einen primären Blutdruckanstieg, im weiteren Verlauf jedoch einen erneuten Abfall dieses Wertes nach Gabe vorgenannter Menge an Infusionslösung zeigen. Bei systolischem Blutdruck <80mmHg und primär keiner Reaktion des Blutdrucks sowie im Weiteren fallenden Werten nach der Infusionsgabe, spricht man von „Instabil“ bis hin zu „in Extremis“ (60).

2.5.1 Early Total Care (ETC)

Das Prinzip der Early Total Care (ETC) ist die „klassische“ Form der primären chirurgischen Ausversorgung, deren Begrifflichkeit als Abgrenzung zur Damage Control Surgery (DCS) seitens der Unfallchirurgie entwickelt wurde. Dabei werden alle Läsionen, die sich darstellen bzw. intraoperativ gefunden werden, im Sinne der optimalen chirurgisch-individualmedizinischen Therapie angegangen und ausversorgt (61). Dies impliziert bei penetrierenden abdominellen Verletzungen die Anlage primärer Anastomosen, Gefäßrekonstruktionen und -interponate, komplexe Rekonstruktionen von Organstrukturen mit dem Ziel einer Organfunktion erhaltenden Therapie und im Weiteren den primären Abdominalverschluss. Diese Form der Versorgung bedeutet für den Verletzten, dass der Impact durch die Operation aufgrund langer OP-Zeiten und fehlendem Eingehen auf die pathophysiologischen Veränderungen sehr hoch sein kann (62).

Ein solches Vorgehen kann einer grundsätzlichen Forderung als primäre und auf jeden Patienten anwendbare Versorgungsstrategie beim Trauma nach heutiger Erkenntnis in keiner Weise nachkommen. Faktoren, die dieses Vorgehen möglich machen, sind kardiopulmonale Stabilität des Patienten und eine möglichst kleine Zahl an durch den Verletzungshergang hervorgerufenen Schädigungen, da die Summe der einzelnen

Verletzungen gemäß ISS als Trigger der Verletzungsschwere zu sehen ist. Des Weiteren gilt es, den Zustand eines entsprechend schwer verletzten Patienten im Laufe der Versorgung unter ETC-Kautelen in enger Kommunikation und Abstimmung mit der Anästhesie im Auge zu behalten, um auf Veränderungen, die einen Wechsel der Strategie notwendig machen, reagieren zu können.

Patienten, die nach ETC-Kriterien operiert werden, finden sich in der Gruppe „Stabil“ und allenfalls „Borderline“ (59), gekoppelt mit adäquater Stabilisierbarkeit im Rahmen der Primärbehandlung sowie einer sich im Verlauf anschließenden operativen Therapie.

2.5.1.1 Laparoskopie

Eine Besonderheit der Zugliederung als eine Prozedur der ETC stellt die Laparoskopie dar. Diese Stellung bezieht sich auf die Laparoskopie als eigentliche Methode der operativen Intervention. Hierbei wird der diagnostische Aspekt dieses Verfahrens jedoch außer Acht gelassen. Diese kann als rein diagnostische Laparoskopie in Fällen der Unsicherheit nach uneindeutig befundeter Diagnostik erfolgen. Bereits dafür ist der Patientenstatus mit „Stabil“ und ggf. „Borderline“, bei adäquater Stabilisierbarkeit im Rahmen der Primärbehandlung und im Verlauf entscheidend.

Ob eine laparoskopische Intervention ausreichend ist und ein Patient mit penetrierendem Abdominaltrauma in dieser Weise ausversorgt werden kann, ist abhängig von den vorhandenen Verletzungen, die detektiert werden (63-65). In jedem Fall muss die Prozedur der kompletten, kameraoptischen Exploration erfolgen, um Perforationsstellen gerade an den Hohlorganen erkennen zu können.

Einfluss hat dieses Vorgehen in jedem Fall bezüglich negativer bzw. nicht-therapeutischer Laparotomien (66). Die Effekte, die sich daraus ergeben können, sind eine Reduktion der Morbidität sowie, abhängig von einer eventuell detektierten Läsion, eine kürzere Krankenhausverweildauer (67).

2.5.2 Damage Control Surgery (DCS)

Das schwere Trauma ist die Domäne der Damage Control Surgery (DCS). Bei dieser Versorgungsstrategie geht es darum, die Patienten operativ im Sinne des Stoppens einer Blutung und/oder einer Kontamination primär zu behandeln, um sie dann auf einer Intensivstation weiter zu stabilisieren und im Intervall im Rahmen einer oder mehrerer Folgeoperationen der Ausversorgung zuzuführen (8, 62). Die DCS des Abdomens beim penetrierenden Abdominaltrauma stellt hierbei die klassische Form der Indikation zur Durchführung dieses Konzepts dar.

Grundsätzlich handelt es sich dabei um ein immer noch individualmedizinisch patientenzentriertes Konzept, das auf dem Boden des Patientenstatus, angepasst auf die vorgenannten Kerninhalte, reduziert ist.

Als Triggerfaktoren der DCS gelten: persistierende hämodynamische Instabilität, multiple lebensgefährliche Verletzungen, hochgradiger hämorrhagischer Schock, ISS >35, persistierende Azidose (pH < 7,2), manifeste Koagulopathie, Hypothermie <34 °C, Massentransfusion (> 10 Erythrozytenkonzentrate), Notwendigkeit der Schockraumthorakotomie oder -laparotomie sowie die Notwendigkeit einer zusätzlichen Angioembolisation (5, 35).

Bei abdominalen Läsionen ist unter diesem Prinzip zu verstehen, dass bei Darmverletzungen nach Resektion keine Anastomosen oder ein Stoma angelegt werden, sondern primär blind verschlossen werden. Dieser Blindverschluss des Darms kann bis zu einem Intervall von 72 Stunden toleriert werden (5).

Auch Gefäßläsionen werden nicht mittels Anastomose oder Interponat, sondern primär mittels temporärem Shunt oder Ligatur versorgt (5, 35). Die Leber kann als „Vorzeigeorgan der DCS“ gelten, an der dieses Prinzip regelhaft bei traumatischen Läsionen Anwendung findet. Hierbei wird ein Packing angelegt, für die Phase der intensivmedizinischen Stabilisierung belassen und eine Ausversorgung im Intervall durchgeführt.

Ein Abdominalverschluss erfolgt ebenfalls nur temporär als Laparostomaanlage. Der endgültige Verschluss wird erst durchgeführt, wenn die Ausversorgung von notwendigerweise nur anversorgten Arealen und Organen stattgefunden hat.

Ziel der DCS ist es, die Lethal Triad mit Hypothermie, Acidose und Koagulopathie im therapeutischen Gesamtansatz gemeinsam mit dem simultan durchgeführten Konzept

der Damage Control Resuscitation (DCR) schnellstmöglich zu durchbrechen (56) und nicht durch eine lange Operationszeit weiter zu triggern. Wichtigste Ziele sind das Stoppen von Blutung und Kontamination und das schnellstmögliche Zuführen des Patienten zu einer intensivtherapeutischen Behandlung.

2.5.3 Selective Non-Operative Management (SNOM)

Das Selective Non-Operative Management ist die Folge der Verbesserung der diagnostischen Mittel und Möglichkeiten sowie der damit gekoppelten suffizienteren Aussagen zur Situation von Organläsionen, insbesondere beim penetrierenden Abdominaltrauma (68).

Infrage kommt diese Strategie beim stabilen Patienten ohne Anzeichen für einen Peritonismus und dem Fehlen freier Flüssigkeit. Zusätzlich sollte eine Computertomographie durchgeführt worden sein, die keinen Anhalt auf eine Hohlorganperforation zeigt und intraabdominelle Blutungen ausschließt (69). Des Weiteren kommt hinzu, dass Patienten, für die dieses Behandlungsregime angedacht ist, einer engmaschigen Überwachung zugeführt werden müssen.

Gerade der Ausschluss einer Hohlorganperforation stellt diese Methode auf die Probe. Da über einen Penetrationskanal in aller Regel Luft in die Abdominalhöhle eindringt, wenn auch nur geringe Mengen, ist die Abgrenzung bezüglich einer Hohlorganperforation differenzialdiagnostisch nicht immer eindeutig zuzuordnen, was einen relevanten Unterschied zum stumpfen Abdominaltrauma darstellt (70).

Eine Überwachung sollte engmaschig, grundsätzlich unter High-Care-Bedingungen erfolgen, gekoppelt mit einer unmittelbaren Operationsbereitschaft über den Überwachungszeitraum (58).

Ziel ist es in jedem Fall, eine Kontamination und damit im Verlauf eine Peritonitis unter allen Umständen zu vermeiden, da diese einen mortalitätserhöhenden Faktor darstellt. Dies bedeutet, dass im Zweifel ein operativer Weg zur Sicherheit des Patienten eingeschlagen und die Strategie geändert werden muss (58).

2.6 Chirurgische Ausbildung für das Trauma der Körperhöhlen

Chirurginnen und Chirurgen auf die Versorgung penetrierender Abdominaltraumata vorzubereiten, stellt eine große Herausforderung dar. Ein auf die Versorgung des Traumas der Körperhöhlen ausgelegtes Konzept ist in Deutschland nicht verankert. In der aktuellen (Muster-)Weiterbildungsordnung der Bundesärztekammer sind in den Weiterbildungskatalogen des Facharztes für Allgemeinchirurgie sowie für Viszeralchirurgie identische Richtzahlen mit je 20 abdominelle Notfalleingriffen gefordert. Diese sind in einer beispielhaften Aufzählung benannt („z.B. Ileus, Blutung, Peritonitis, Milzruptur und Hohlorganperforation“ (71)). Ergänzend können hier andere durchgeführte Eingriffe im Rahmen der Versorgung eines abdominellen Traumas, stumpf oder penetrierend, angerechnet werden, sind aber nicht explizit vorgesehen oder definiert. Bei der verhältnismäßig geringen Zahl an notwendigen operativen auf Traumafolgen basierenden Eingriffen gepaart mit zunehmenden interventionellen Möglichkeiten lässt sich eine Expertise aus der Praxis nur schwer generieren (3, 72). Eine hauptsächliche Abstützung auf vorhandene Erfahrung aus der elektiven und onkologisch geprägten Viszeralchirurgie ist ein gelebter pragmatischer Ansatz. Entscheidend ist hier der Faktor operative Erfahrung gekoppelt mit einer Übertragungsleistung aus der vorgenannten elektiven Chirurgie und stellt die Realität für eine Basis zur Vorbereitung für eine Versorgung des Abdominaltraumas dar. Hierbei bleibt jedoch ungewiss und personenabhängig, inwieweit Unterschiede zwischen penetrierenden und stumpfen Traumata bekannt sind.

Diese sind vor allem in der Ursache einer Majorblutung zu finden, beim stumpfen Abdominaltrauma zumeist basierend auf einer Läsion der parenchymatösen Oberbauchorgane, bei penetrierenden Verletzungen in der Läsion relevanter Gefäße (73). Diesen Unterschied gilt es strategisch beim operativen Vorgehen zu bedenken. Wirft man einen Blick auf die Ausbildung in Traumachirurgie nach anglo-amerikanischem Verständnis, wird verdeutlicht, dass das Höhlentrauma außerhalb unseres Landes einen anderen Stellenwert hat. Im anglo-amerikanischen Raum ist die Traumachirurgie nicht gleichbedeutend mit der Unfallchirurgie Deutschland, sondern auf die operative Behandlung von Verletzungen des Körperstamms mit Thorax und Abdomen inklusive allen darin befindlichen Hohl- und soliden Organen, des Halses, der Übergangsregionen im Bereich der Axilla und Leiste und den Gefäßen samt

zugehöriger Weichteile ausgelegt ist (74). Um diese Facharztbezeichnung zu erlangen, bedarf es zuvor der erfolgreichen Absolvierung der Ausbildung zum „General Surgeon“, an die sich eine „Fellowship“ mit Durchlaufen eines entsprechenden Ausbildungscurriculums anschließt, was den Stellenwert heraushebt.

Doch auch in den betreffenden Ländern, in denen diese vorgenannte Facharztausbildung existiert und fachlich gelebt wird, war eine Entwicklung mit sinkenden Zahlen an Patienten nach (perforierendem) Trauma mit der Sorge betrachtet worden, dass erforderliche Eingriffe nicht absolviert werden können und die Attraktivität durch diesen Umstand sinkt (75).

Bis zum aktuellen Zeitpunkt ist die Ausbildung in Form der genannten „Trauma Fellowship“ erhalten. Überlegungen bestehen, die Ausrichtung grundsätzlich hin zum „Acute Care Surgeon“ zu formieren, was das Tätigkeitsfeld ausweitet und die Ausbildung in ihren Inhalten um den Bereich der operativen Versorgung nicht traumabedingt kritisch kranker Patienten ergänzt (74).

Eine Möglichkeit, die Kompetenz in der Versorgung des penetrierenden abdominellen Traumas zu erhöhen, stellt eine kursbasierte Ausbildung dar, die diesen Themenkomplex als Ergänzung zur täglichen Routine vermittelt. In Deutschland sind es zum aktuellen Zeitpunkt vier relevante und zugängliche Kursformate, die diesen Themenkomplex behandeln.

Zu nennen ist hier für die Phase der Schockraumversorgung der „Advanced Trauma Life Support“ (ATLS®) Kurs, der für die Schockraumbehandlung das Erkennen, die Einordnung und die Dringlichkeit einer notwendigen chirurgischen Therapie vermittelt (36).

Vor chirurgischem Hintergrund als darauf aufbauend zu betrachten, ist der „Definitive Surgical Trauma Care“ (DSTC®) Kurs, der das Trauma, im Speziellen das penetrierende Trauma, in theoretischer und praktisch-operativer Kombination unter Nutzung von Life-Tissue-Elementen näherbringt (37).

In der weiteren in Deutschland angebotenen Kurslandschaft ist der über die Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) angebotene Kurs „Thorakoabdominelles Trauma und viszeralchirurgischer Notfall“, der sich ebenfalls zielgerichtet mit diesem Themenfeld auseinandersetzt, in seiner Weiterentwicklung als erster Kurs in Deutschland mit implementiertem „Advanced Surgical Skills for Exposure in Trauma“ (ASSET®) Kurs vorhanden.

ASSET® setzt die Präparation von Gefäßen zum Erlangen von notwendiger Kontrolle über dieselben in den Fokus, um dann in die Lage zu gelangen, ein Repair oder Shunting überhaupt durchführen zu können (76).

Seit 2022 existiert in der Kurslandschaft mit dem Acute Care in Trauma (ACT®) Kurs eine Zusammenführung von DSTC®, „Thorakoabdominelles Trauma und viszeralchirurgischer Notfall“ sowie ASSET® in einem gemeinsamen Modul. Dies bietet eine einzigartige Möglichkeit der fokussierten Auseinandersetzung mit dem gesamten Themenkomplex.

Um die Wertigkeit der kursformatbasierten Aus- und Weiterbildung zu beleuchten, wurde eine Auswertung des Kurses „Thorakoabdominelles Trauma und viszeralchirurgischer Notfall“ durch eine Online-Umfrage an den Teilnehmern durchgeführt. Hierbei konnte dargestellt werden, dass sich die Teilnehmer vor dem Kurs schlecht in diesem Feld vorbereitet fühlten und nach dem Kurs eine deutlich höhere Sicherheit bezüglich der vermittelten Inhalte vorhanden war (3).

Die fachliche Vorbereitung der jeweils in den Auslandseinsätzen in Verantwortung stehenden Chirurginnen und Chirurgen der Bundeswehr sieht zusätzlich zu einem eigens dafür konzipierten „Einsatzchirurgie-Lehrgang“ vor, der die vorgenannten Inhalte allesamt impliziert. Hinzu kommt ein Kurs mit Fokus auf die operative Versorgung von Verletzungen des Kopfes und Halses sowie zwei aufeinander aufbauende Kurse mit Augenmerk auf die Versorgung von Gefäßtraumen. Dies stellt das intern geforderte Gesamtcurriculum dar.

Des Weiteren besteht die Option einer Teilnahme an einem Ausbildungsprogramm im Sinne einer „Trauma-Fellowship“ in Südafrika, um in einem der Länder mit im Alltag vorkommender, überdimensional hoher Zahl penetrierend verletzter Traumapatienten angeleitet und weitergebildet zu werden.

2.7 Demographische und medizinische Hintergründe

Afghanistan ist ein seit Gründung im Jahr 1747 durch Kriege gezeichnetes Land. Nach drei anglo-afghanischen Kriegen (1839-1842, 1878-1880, 1919), der Intervention der UDSSR nach dem Aufstand der Bevölkerung gegen einen Staatsstreich der afghanischen Kommunisten (1979-1989), dem afghanischen Bürgerkrieg (1989-2001)

sowie der Intervention von NATO-Staaten gegen die Taliban als Folge der Anschläge des 11. September 2001 (2001-2021) stellt sich das Land mit ungefähr 50% (46,8% - 54,5%) der Bevölkerung als unter der Armutsgrenze lebend dar. Die durchschnittliche Lebenserwartung liegt bei 53,6 Jahren (77). Eine strukturierte Geburtenregistrierung ist vor allem in ländlichen Gegenden nicht etabliert. Eine Schätzung aus 2019 ergibt eine Einwohnerzahl von 38,3 Millionen sowie ein Bevölkerungswachstum von +2,3% jährlich (77). Die Analphabetenrate beträgt 61,8%.

Die Medizinische Versorgung ist als schlecht zu bezeichnen, was die Fläche des Landes betrifft, da Ärzte zwar vorhanden, aber meist in den Städten zu finden sind. Trotz der Tatsache, dass jedem Afghanen verfassungsrechtlich eine kostenfreie ärztliche Versorgung zusteht, entspricht dies nicht der Realität. Um zu einem Arzt vorgelassen zu werden, ist eine lange Wartezeit, eine ggf. sehr weite Reise und in vielen Fällen eine Form der Bestechung notwendig.

Blickt man auf die operative Versorgung von Patienten, so besteht eine große Diskrepanz bezüglich des Hygienestandards, möglichen operativen Methoden und der Folgeversorgung nach einem operativen Eingriff, die sich einerseits zwischen der Hauptstadt Kabul sowie einigen wenigen weiteren Großstädten und andererseits dem Rest des Landes auf tut.

Eine weitere Problematik, die sich in dieser Region der Welt niederschlägt, ist die hohe Zahl multiresistenter Keime, am ehesten basierend auf einem unkontrollierten Gebrauch von Antibiotika (78). In Folge einer operativen Behandlung oder auch nach Übernahme einer bereits begonnenen Behandlung, stellt sich dieses Problem als sehr weitreichend dar und fordert die Therapeutinnen und Therapeuten auch hinsichtlich langwieriger Heilverläufe heraus.

Insbesondere nach einem Trauma, das eine operative Therapie notwendig machte, war die Versorgung in den medizinischen Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr in Afghanistan mit dem höchsten dort regional zu erreichenden Versorgungsstandard verknüpft. Dies ist auch als Maß für den hohen Stellenwert zu sehen, der damit einer Versorgung vor humanitärem Hintergrund zuteilwird.

3. Material und Methoden

3.1 Datenerhebung

In der vorliegenden Arbeit wurden Daten von behandelten Zivilpatienten als Opfer von Schusswechseln und Anschlägen mit Improvised Explosive Devices (IEDs) während des Afghanistankonflikts aus den Behandlungseinrichtungen der deutschen Bundeswehr im Rahmen der International Security Assistance Force (ISAF) - und Resolute Support (RS) - Missionen in den Standorten Mazar-e-Sharif, Kunduz und Faizabad analysiert, die von deutschen Militärchirurgen im Rahmen der Tätigkeit im Auslandseinsatz generiert wurden. Die Daten sind im Institut für Wehrmedizinische Statistik und Berichtswesen der Bundeswehr (WehrMedStatInst Bw) in Andernach als Dokumentation im Sinne von Patientenakten hinterlegt. Der Zeitraum, in dem die Verletzungen und damit gekoppelt die Versorgungen stattfanden, belief sich auf die Jahre 2007 bis 2016.

Aus diesen Behandlungsdaten und den damit verbundenen Aufzeichnungen, insbesondere den Operationsberichten, sollten detailliert die Verletzungsmuster sowie die Operationsstrategien und -schritte bis auf Organebene extrahiert und dann analysiert werden.

Einschlusskriterium war das Vorliegen einer penetrierenden abdominellen Verletzung, die durch ein oder mehrere Projektile nach Schusswaffengebrauch oder durch ein oder mehrere Fragmente nach einer Explosion hervorgerufen wurde.

Da die Daten von behandelten zivilen Opfern erhoben wurden, ist eine persönliche ballistische Protektionsausrüstung, wie eine splitter- oder schusssichere Weste als Ausschlusskriterium definiert.

Die Arbeit verfolgt zwei primäre Zielsetzungen:

1. Erhebung der abdominellen Verletzungsmuster bei zivilen Opfern ohne Schutzausrüstung
2. Erhebung der operativ notwendigen Techniken zur Versorgung

In der Aufarbeitung der erfolgten Operationstechniken und -strategien wurden diese bis auf Ebene der Versorgung einzelner Organe differenziert und eingeordnet,

nachdem Möglichkeiten der Versorgung einschließlich in der Literatur als mögliche Methoden genannte Techniken vordefiniert worden waren.

Diese vordefinierten operativen Organprozeduren sind in Tabelle 1 im Überblick dargestellt.

<i>Organ</i>	<i>Operative Organprozeduren</i>
Dünndarm	<ul style="list-style-type: none"> • Excision und Übernähung • Segmentresektion mit Blindverschluss • Segmentresektion mit Anastomose • Ausleitung der Läsion als Stoma
Colon	<ul style="list-style-type: none"> • Excision und Übernähung • Segmentresektion mit Blindverschluss • Segmentresektion und endständige Stomaanlage • Segmentresektion mit Anastomose ohne protektive Stomaanlage • Segmentresektion mit Anastomose und protektive Stomaanlage • Ausleitung der Läsion als Stoma
Leber	<ul style="list-style-type: none"> • Blutstillung • Blutstillung und Übernähung • Atypische Resektion • Simultane Cholezystektomie
Milz	<ul style="list-style-type: none"> • Splenektomie • Blutstillung • Komplexe milzerhaltende Verfahren
Magen	<ul style="list-style-type: none"> • Excision und Übernähung • Partielle Resektion • Gastrektomie
Pankreas	<ul style="list-style-type: none"> • Übernähung und Blutstillung • Partielle Resektion ohne primäre Rekonstruktion • Partielle Resektion und Rekonstruktion • Pankreatektomie
Zwerchfell	<ul style="list-style-type: none"> • Nahtrekonstruktion • Komplexe Rekonstruktion (inkl. Lappen- oder Meshplastik)
Nieren/ableitende Harnwege	<ul style="list-style-type: none"> • Blutstillung • Blutstillung und Übernähung • Blutstillung und Rekonstruktion • Nephrektomie • Blasenrekonstruktion • Harnleiterrekonstruktion und -schieneanlage • Harnleiterausleitung als Nephrostoma
Gefäße	<ul style="list-style-type: none"> • Ligatur • Übernähung • Rekonstruktion mit primärer Anastomose • Rekonstruktion mit Patchplastik • Rekonstruktion mit Interponat • Temporäres Shunting

Tabelle 1 – Vordefinierte operative Organprozeduren

3.2 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte unter Verwendung der Software IBM SPSS 24 (Statistical Package of the Social Sciences, IBM, USA). Die erhobenen Daten und Parameter wurden in einem ersten Schritt einer explorativen Datenanalyse zugeführt und gegenübergestellt. Häufigkeiten wurden als absolute Werte, prozentuale Anteile und metrische Variablen durch den numerischen Mittelwert \pm der Standardabweichung angegeben. Die Testung auf Normalverteilung erfolgte hierbei mittels Kolmogorov-Smirnov-Test. Gruppenvergleiche von zwei Gruppen erfolgten für normal verteilte stetige Daten mittels t-Test, für nicht normal verteilte stetige Daten mit dem Mann-Whitney-U-Test. Wenn es sich um den Vergleich von mehr als zwei Gruppen handelte, mit dem Kruskal-Wallis-Test. Für diskrete Daten erfolgte die Analyse mittels des Chi-Quadrat- bzw. des Fischer-Exact-Tests, wenn das n in einer Zelle kleiner 5 war. Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert von $< 0,05$ angenommen.

3.3 Literaturrecherche

Begleitend erfolgte eine Literaturrecherche zu den Verletzungsmustern und den Daten der operativen Versorgung penetrierender abdomineller Traumata in den elektronischen Datenbanken von Medline. Als Suchparameter wurden hierbei neben verletzungs- und verletzungshergangsspezifischen Schlagworten auch solche, die operative Strategien und Methoden, epidemiologische Daten und Zahlen sowie physikalische Grundlagen beinhalten, eingesetzt.

4. Ergebnisse

4.1 Verletzungsentität und allgemeine Daten des Patientenkollektivs

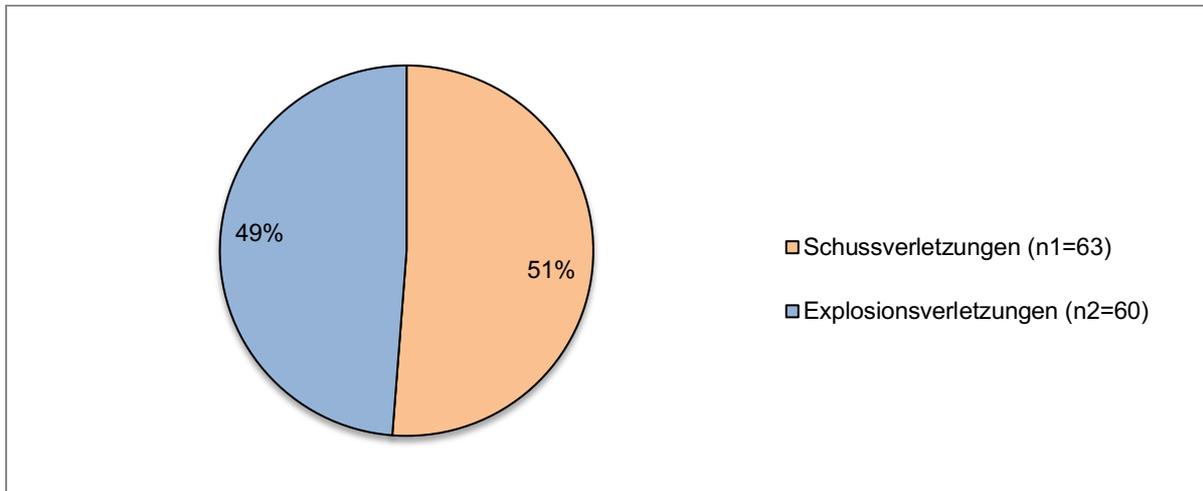


Abbildung 4 - Verteilung Verletzungsentität in %

Das Gesamtkollektiv umfasst 123 Patienten. Die Patienten des Kollektivs setzten sich zusammen aus $n_1=63$ mit Schussverletzungen und $n_2=60$ mit Explosionsverletzungen (Abbildung 4). Es ergeben sich somit Anteile von Schussverletzten mit 51% und Explosionsverletzten mit 49% als Vergleichsgruppen.

Bezüglich der persönlichen Daten mit Namen, Vornamen, Geschlecht und Geburtsdatum ist der vorliegende Gesamtdatensatz unvollständig. Namen sind nur von 105, Geburtsdaten nur von 59 der versorgten Patienten hinterlegt. Das Durchschnittsalter dieser 59 mit Geburtsdatum hinterlegten Patienten beträgt zum Zeitpunkt der Verwundung $31,1 \pm 11,4$ Jahre. Der älteste mit Geburtsdatum hinterlegte Patient war zum Zeitpunkt der Verwundung 59 Jahre, der jüngste 5 Jahre alt.

Die Identifikation und Zuordnung der Patientendaten und -akten konnte für das Gesamtkollektiv ausschließlich durch im Rahmen der Standard Operating Procedures (SOPs) für die Behandlungseinrichtungen im Rahmen des Bundeswehreinsatzes in Afghanistan standardisiert festgelegte und fortgeschrieben zugewiesene Patientennummern erreicht werden.

Der jeweilige Zeitraum, in dem die Patienten in den Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr in Afghanistan behandelt wurden, war aufgrund von Restriktionen in aller Regel durch die Schockraumversorgung und anschließende operative Behandlung begrenzt. Allenfalls beinhaltete er zusätzlich die erste postoperative Nacht, nach der eine Verlegung in lokale oder karitative Einrichtungen erfolgen musste.

4.2 Zeitliche Häufigkeiten der Verletzungen

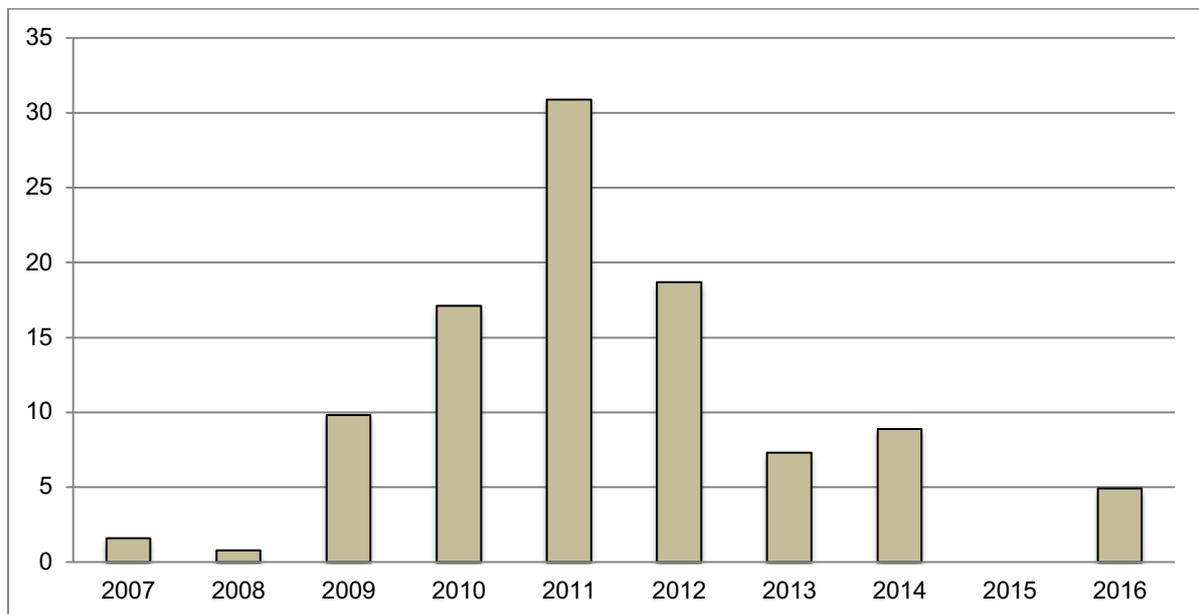


Abbildung 5 - Verteilung Häufigkeit Verletzte nach Kalenderjahr

Die Verteilung nach Jahren zeigt einen Häufigkeitsgipfel im Jahr 2011 mit 31% des Verletztenaufkommens des Gesamtkollektivs (Abbildung 5). In den Jahren 2007 bis 2011 kam es zu einem Zuwachs, der nach 2011 daraufhin bis 2016 erneut deutlich abnahm. 2015 ist hierbei auszunehmen, da in diesem Jahr keine zivilen Patienten in den Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr in Afghanistan behandelt worden waren, die die Einschlusskriterien mit penetrierendem Abdominaltrauma durch Schuss oder Explosion ohne getragene Protektionsausrüstung zum Zeitpunkt der Verletzungsentstehung erfüllten.

4.2.1 Zeitliche Häufigkeiten der Verletzungen mit Differenzierung nach Verletzungsentität

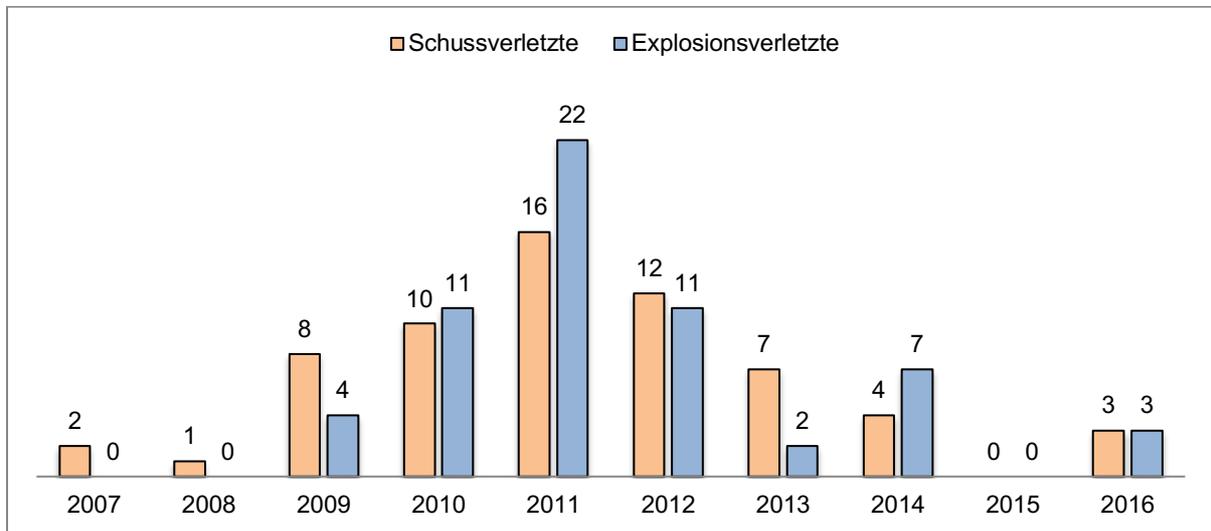


Abbildung 6 - Anzahl Verletzte nach Jahren differenziert nach Verletzungsentität

Die Gegenüberstellung der Gesamtzahlen von Schuss- und Explosionsverletzten zeigt den gemeinsamen Häufigkeitsgipfel beider Verletzungsentitäten im Jahr 2011 (Abbildung 6). Des Weiteren stellen die Daten dar, dass Schussverletzte über den gesamten Zeitraum, mit Ausnahme des Jahres 2015, vorkamen und behandelt wurden. Opfer von Explosionen waren ab dem Jahr 2009 aufgezeichnet. In den Jahren 2010, 2011 und 2014 wurden mehr Verletzte nach Explosionen als nach Schusswaffengebrauch behandelt. In den restlichen Jahren stellt sich dies umgekehrt dar.

4.3 Injury Severity Score (ISS)

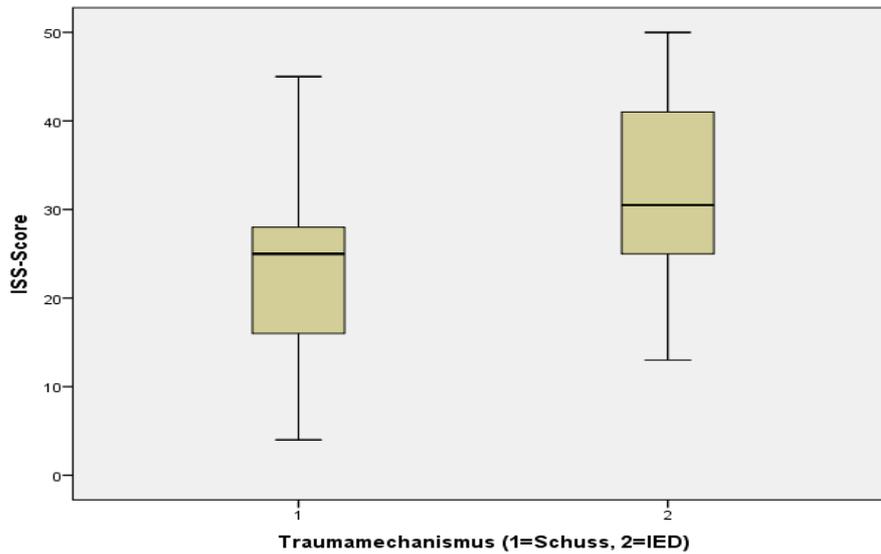


Abbildung 7 - Mittlerer ISS Score nach Verletzungsentität, $p=0,00$

Der durchschnittliche Injury Severity Score (ISS) des Gesamtkollektivs ist mit $27,07 \pm 10,0$ einem schweren Polytrauma entsprechend.

Differenziert betrachtet ergibt sich für die Schussverletzten ein mittlerer ISS-Score von $23,7 \pm 9,2$. Der mittlere ISS Score der Explosionsverletzten liegt bei $30,6 \pm 9,7$ und ist somit für Letztgenannte signifikant höher ($p < 0,001$, Abbildung 7).

4.4 Operatives versus konservatives Therapieregime

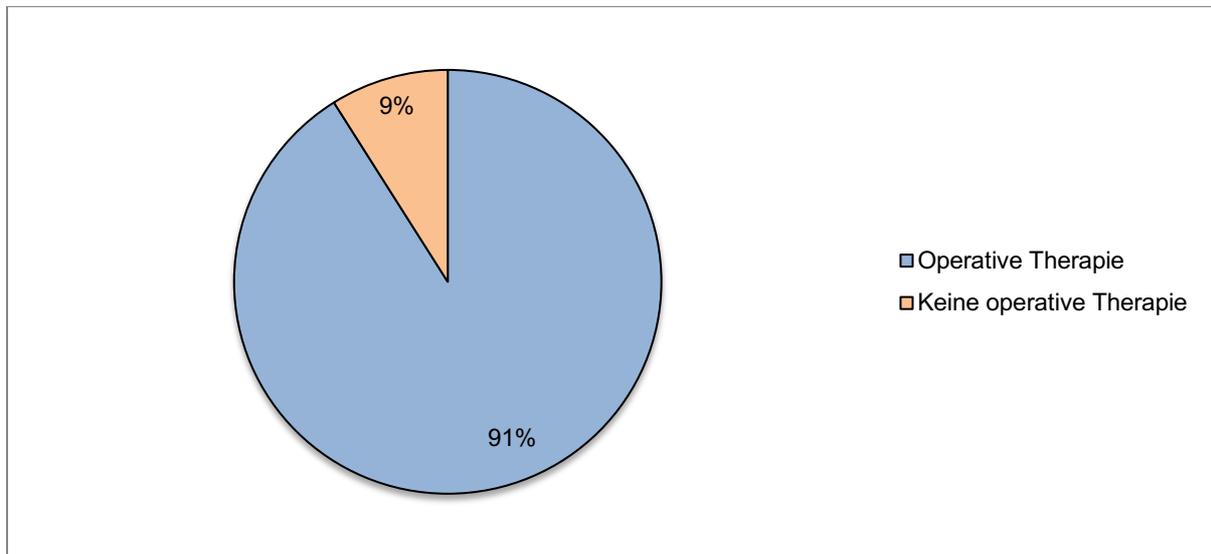


Abbildung 8 - Verteilung operative/nicht-operative Therapie

Die Auswertung ergab die Anwendung operativer Maßnahmen bei 91% der Patienten des Kollektivs (Abbildung 8). Die verbleibenden 9% beinhalten 11 Patienten, von denen 9 einer nicht-operativen Therapie unterzogen wurden, 2 dieser 11 Verletzten verstarben im Rahmen der Schockraumbehandlung und wurden vor diesem Hintergrund keiner operativen Therapie mehr zugeführt.

4.4.1 Therapeutische versus nicht therapeutische Laparotomie

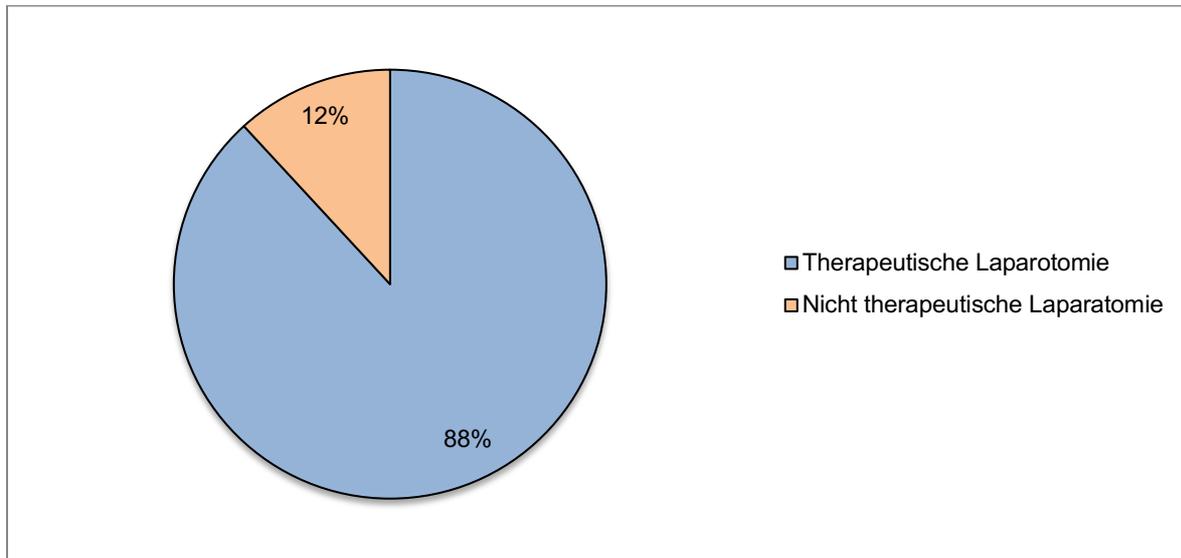


Abbildung 9 - Verteilung therapeutische/nicht-therapeutische Laparotomie

		nicht therapeutische Laparotomie		Gesamt
		1=ja, 2=nein		
		1	2	
Traumamechanismus	1	10 (8%)	53 (43%)	63 (51%)
(1=Schuss, 2=IED)	2	5 (4%)	55 (45%)	60 (49%)
Gesamt		15 (12%)	108 (88%)	123 (100%)

Tabelle 2 – Aufteilung therapeutische/nicht-therapeutische Laparotomien nach Verletzungsentität

Die Zahl an nicht therapeutischen Laparotomien mit insgesamt 15 von 112 einer Laparotomie unterzogenen Patienten (Tabelle 2) bedeutet, dass es sich bei insgesamt 12% des Gesamtkollektivs (Abbildung 9) um rein diagnostische Eingriffe gehandelt hat, ohne dass eine Organläsion intraabdominell detektiert werden konnte. Dies ist in der Kohorte der Schussverletzten mit 10 doppelt so hoch wie bei den Explosionsverletzten mit 5. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant ($p=0,27$).

4.5 Differenzierung der verletzten Organsysteme

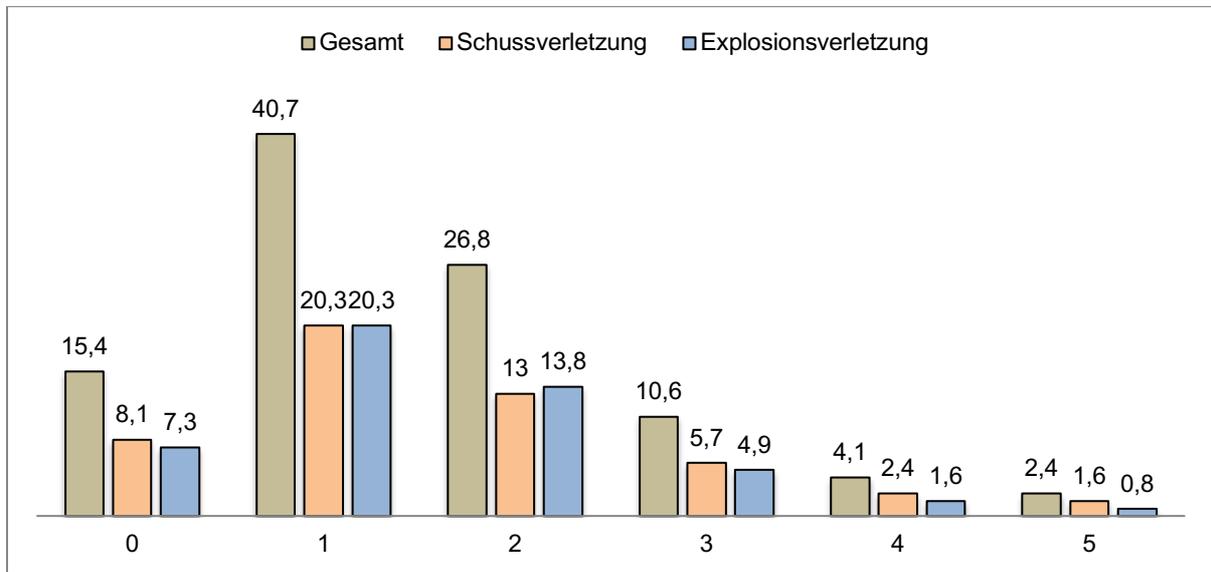


Abbildung 10 - Anzahl verletzter Organsysteme in %

Die Zahl verletzter intraabdomineller Organsysteme liegt in der Spanne zwischen 0 und 5 (Abbildung 10). Hierbei wurden 40,7% der Opfer an einem Organsystem und 26,8% an zwei Organsystemen verletzt. Dies ergibt zusammen 67,5% und liegt dementsprechend knapp über 2/3 des gesamten Patientenkollektivs. Auf Patienten mit penetrierender Abdominalwunde, jedoch ohne verletztes intraabdominelles Organsystem, fallen 15,4%. Verletzte mit 3 oder mehr Organsystemen sind insgesamt 17,1%.

Anzahl verletzter Organsysteme	0	1	2	3	4	5
Schussverletzungen in %	8,1	20,3	13	5,7	2,4	1,6
Explosionsverletzungen in %	7,3	20,3	13,8	4,9	1,6	0,8

Tabelle 3 – Gegenüberstellung Zahl verletzter Organsysteme nach Verletzungsentität

Tabelle 3 stellt die Anzahl verletzter Organsysteme im Vergleich für Schuss- und Explosionsverletzungen dar. Die Differenz zwischen beiden Arten der

Verletzungsentstehung liegt hinsichtlich der Anzahl verletzter intraabdomineller Organsysteme in keinem Fall über 1%.

Die Differenzierung der betroffenen verletzten Organsysteme zeigt Abbildung 11 für das Gesamtkollektiv.

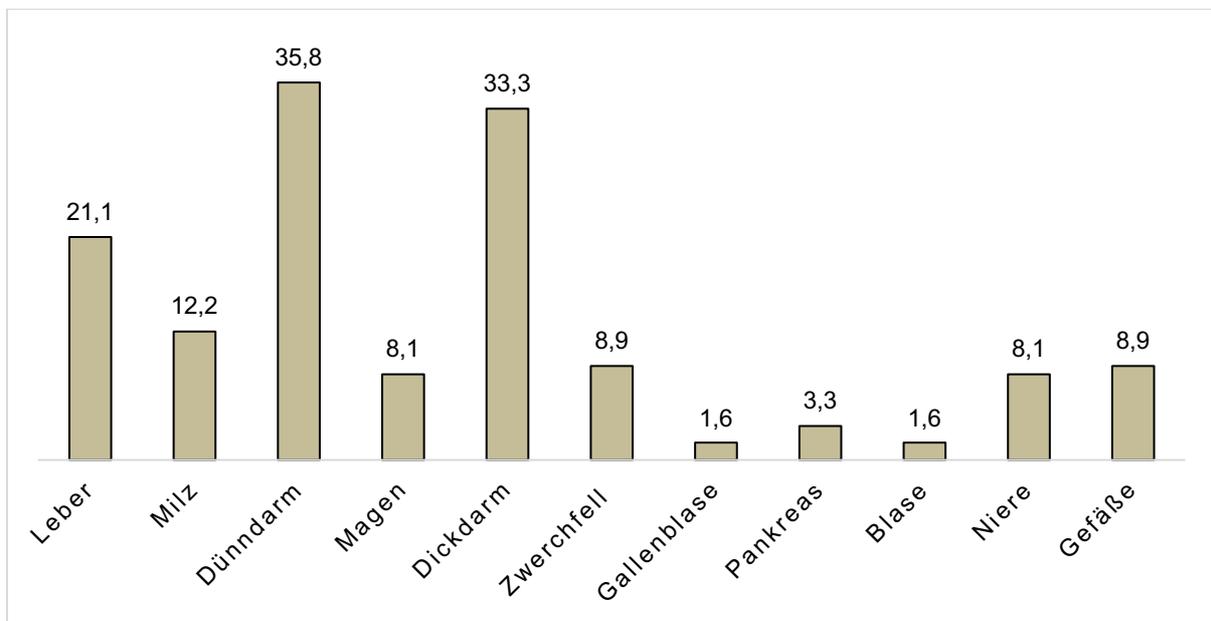


Abbildung 11 - Verletzte Organe/Organsysteme gesamt in %

Dünn- und Dickdarm stellen sich als die am häufigsten verletzten Organe dar (Dünndarm 35,8%, Dickdarm 33,3%), gefolgt von der Leber (21,1%) und Milz (12,2%). Es folgen Zwerchfell und Gefäße mit je 8,9% sowie Magen und Nieren mit je 8,1%. Verletzungen von Pankreas (3,3%), Gallen- und Harnblase mit je 1,6% kamen am seltensten vor.

4.5.1 Differenzierung der verletzten Organsysteme nach Verletzungsentität

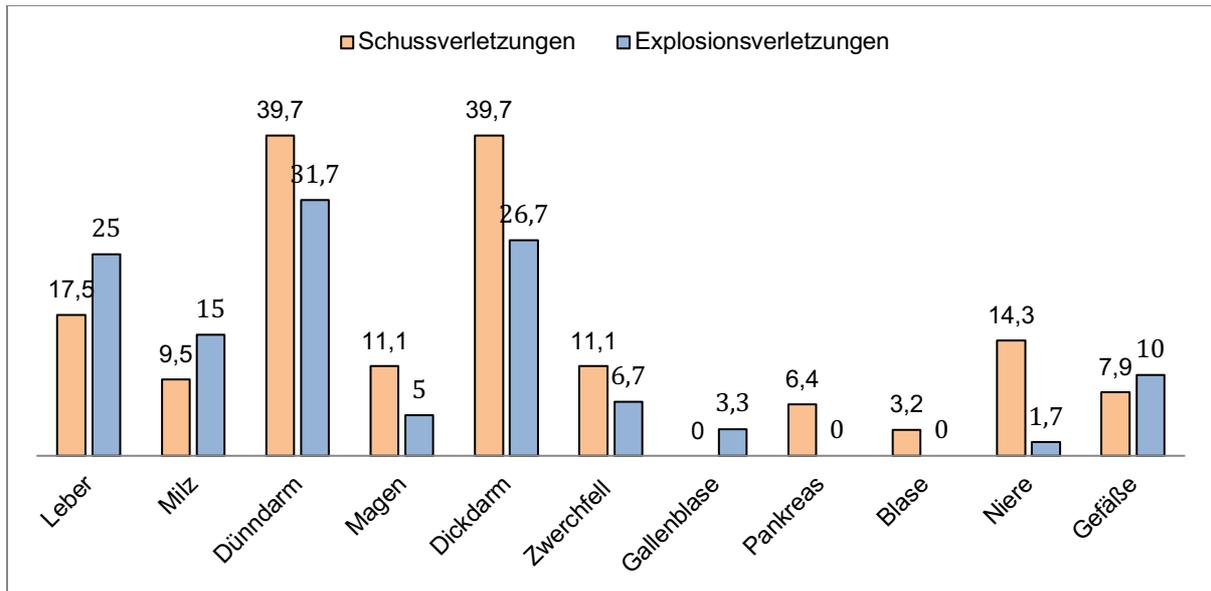


Abbildung 12 - Verletzte Organe/Organsysteme nach Verletzungsentität in %

Diese vorgenannten Daten wurden weiter differenziert und entsprechend der Verletzungsentität aufgeschlüsselt (Abbildung 12). Dabei konnten Dün- und Dickdarmverletzungen bei Schussverletzungen mit je 39,7% als die am häufigsten verletzten Organsysteme herausgearbeitet werden. Im Vergleich zeigt sich der Dünndarm bei den Explosionsverletzungen mit 31,7% ebenfalls als am häufigsten verletztes Organsystem, jedoch sind Verletzungen des Dickdarms (26,7%) und der Leber (25%) hier in der Häufigkeit geringer und auf einem fast identischen Level. Leber- (17,5% vs. 25%) und Milzverletzungen (9,5% vs. 15%) kamen bei Explosionsverletzten im Vergleich zu Schussverletzten jeweils häufiger vor. Bei Verletzungen der Nieren und ableitenden Harnwege zeigten die Zahlen reziproke Ergebnisse; diese waren bei Schussverletzungen mit 14,3% vs. 1,7% häufiger betroffen. Dies gilt ebenso für den Magen mit 11,1% vs. 5%.

4.6 Operative Prozeduren nach Organsystem

Für die Darstellung der Prozeduren erfolgte eine Aufschlüsselung nach Organen. Hierbei wurden sowohl die jeweils durchgeführten Prozeduren sowie mögliche der Organverletzung entsprechende, vordefinierte operative Alternativen gegenübergestellt.

4.6.1 Dünndarm

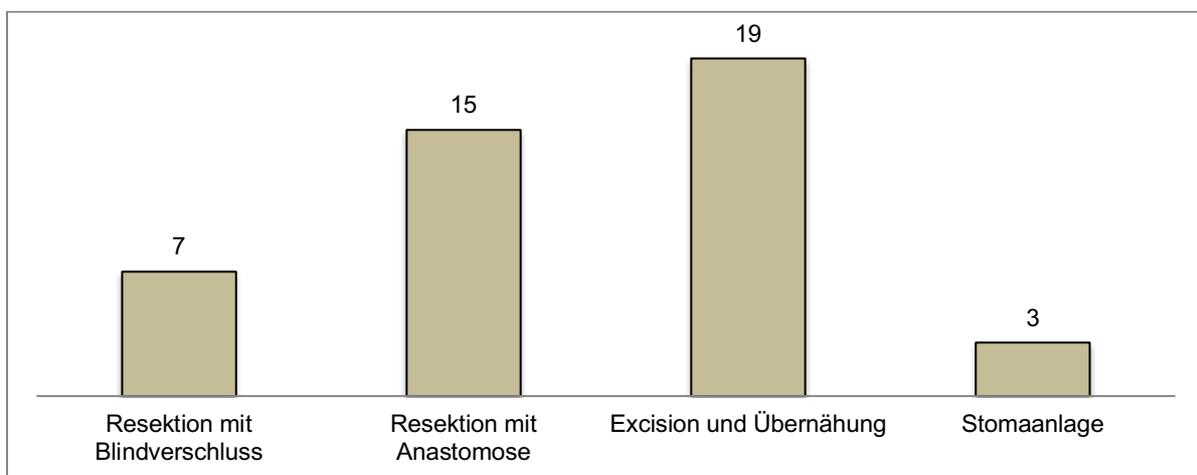


Abbildung 13 - Operatives Management Dünndarmläsion

Das gesamt am häufigsten betroffene Organsystem Dünndarm wurde, wenn betroffen, in der primären Operation auf folgende Weisen versorgt: 7 Patienten (15,9%) mittels Resektion und Blindverschluss, 15 Patienten (34,1%) mittels Resektion und primärer Anastomose, 19 Patienten (43,2%) durch Excision und Übernähung sowie 3 Patienten (6,8%) mit primärer Ausleitung der Läsion im Sinne einer Stomaanlage (Abbildung 13). Die Prozentangaben beziehen sich auf die Kohorte der Patienten mit Dünndarmläsion.

4.6.2 Colon

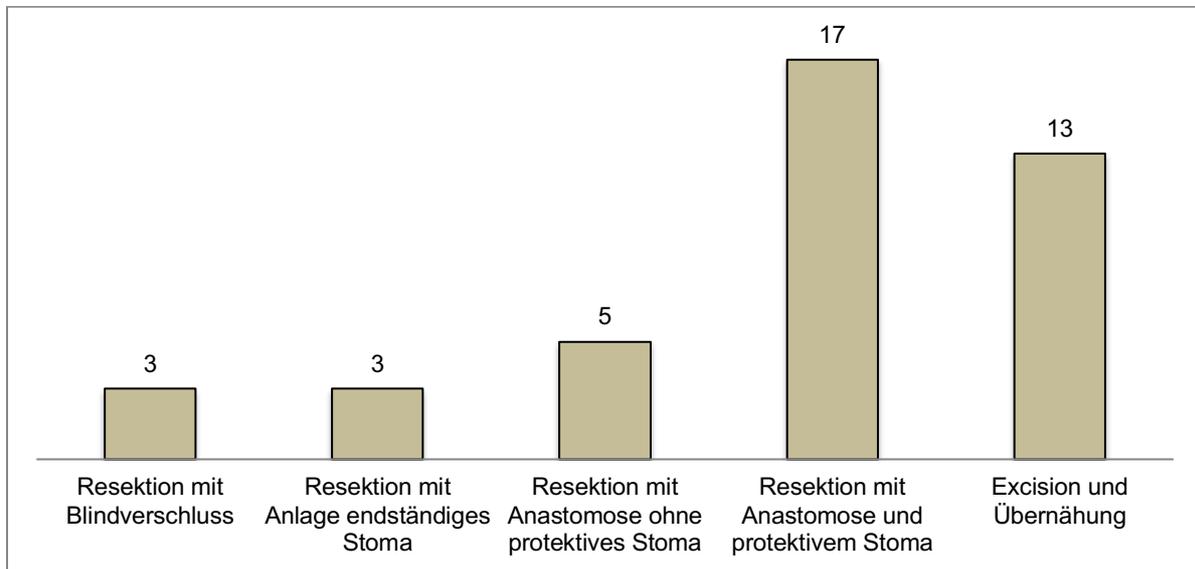


Abbildung 14 - Operatives Management Colonläsion

Das operative Management bei Colonläsion beinhaltete eine Resektion mit Blindverschluss als Diskontinuitätsresektion ohne Ausleitung eines Stomas bei 3 Patienten (7,3%), eine Resektion mit Anlage eines endständigen Colostomas im Sinne der Diskontinuitätsresektion mit 3 Patienten (7,3%), eine Resektion des betroffenen Colonsegments mit Anlage einer primären Anastomose ohne Vorschaltung eines protektiven Stomas bei 5 Patienten (12,2%), eine Resektion des betroffenen Colonsegments mit Anlage einer primären Anastomose mit Vorschaltung eines protektiven Stomas bei 17 Patienten (41,5%) sowie eine Excision der Läsion mit anschließender Übernähung ohne Anlage eines protektiven Stomas bei 13 Patienten (31,7%) (Abbildung 14). Die Prozentangaben beziehen sich auf die Kohorte der Patienten mit Colonverletzung.

4.6.3 Leber

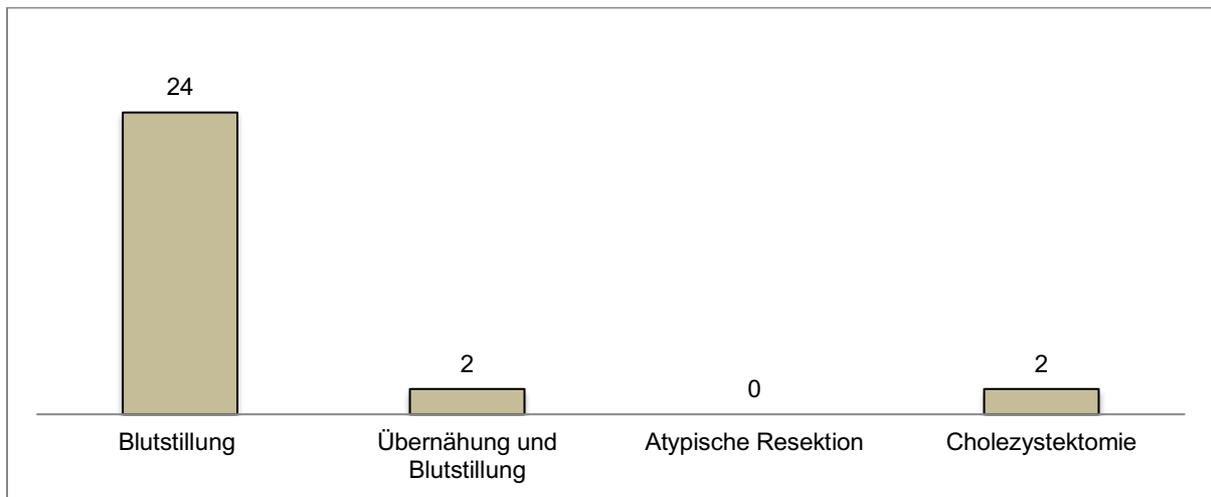


Abbildung 15 - Operatives Management Läsion von Leber und Gallenblase

Das operative Management von Läsionen der Leber beinhaltet in erster Linie die Blutstillung (Abbildung 15). Unter Blutstillung ist hier die Kompression, ein durchgeführtes Packing sowie die Anwendung der Diathermie im Rahmen der Operation subsumiert. Dies wurde bei 24 der Patienten (85,7%) mit Leberverletzung angewandt. Eine Übernähung im Bereich der Leber kombiniert mit Kompression und Packing war bei 2 Patienten (7,1%) durchgeführt worden. Eine Cholezystektomie erfolgte ebenfalls bei 2 Patienten (7,1%). Die Prozentangaben beziehen sich auf die Kohorte der Patienten mit Leberläsion.

4.6.4 Milz

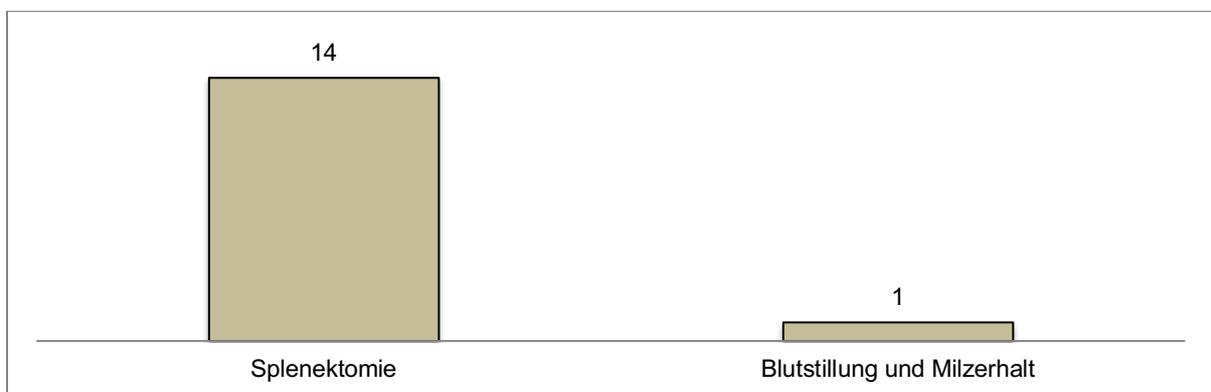


Abbildung 16 - Operatives Management Milzläsion

Das operative Management bei Milzläsion beinhaltete in 14 Fällen die Splenektomie (93,3%), in einem Fall (6,7%) konnte eine milzerhaltende Therapie mit intraoperativ ausschließlich lokal blutstillenden Maßnahmen durchgeführt werden (Abbildung 16). Die Prozentangaben beziehen sich auf die Kohorte der Patienten mit Milzverletzung.

4.6.5 Magen

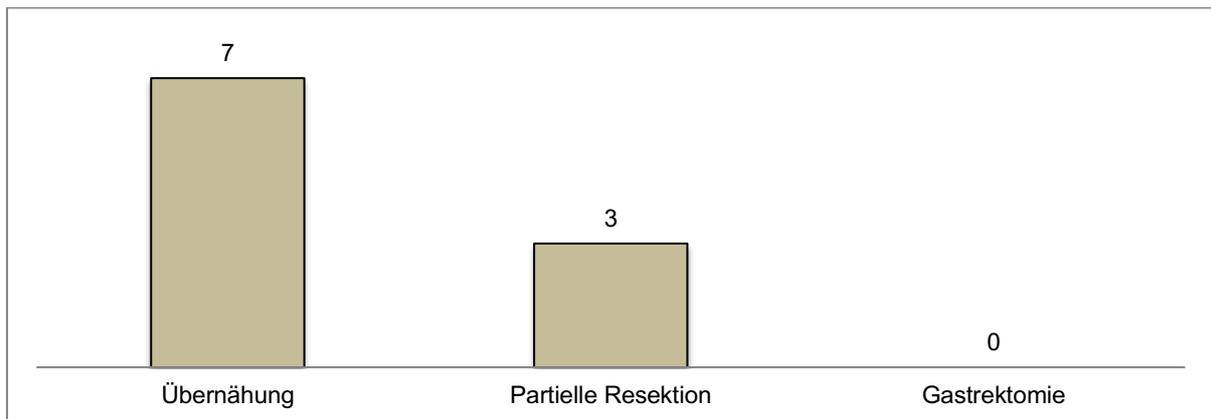


Abbildung 17 - Operatives Management Magenläsion

Das operative Management beinhaltete bei Verletzungen des Magens die primäre Übernähung der Läsion bei 7 Patienten (70%) sowie bei 3 Patienten (30%) die partielle Resektion (Abbildung 17). Eine Gastrektomie musste in keinem Fall erfolgen. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Kohorte der Patienten mit Magenverletzung.

4.6.6 Nieren und ableitende Harnwege

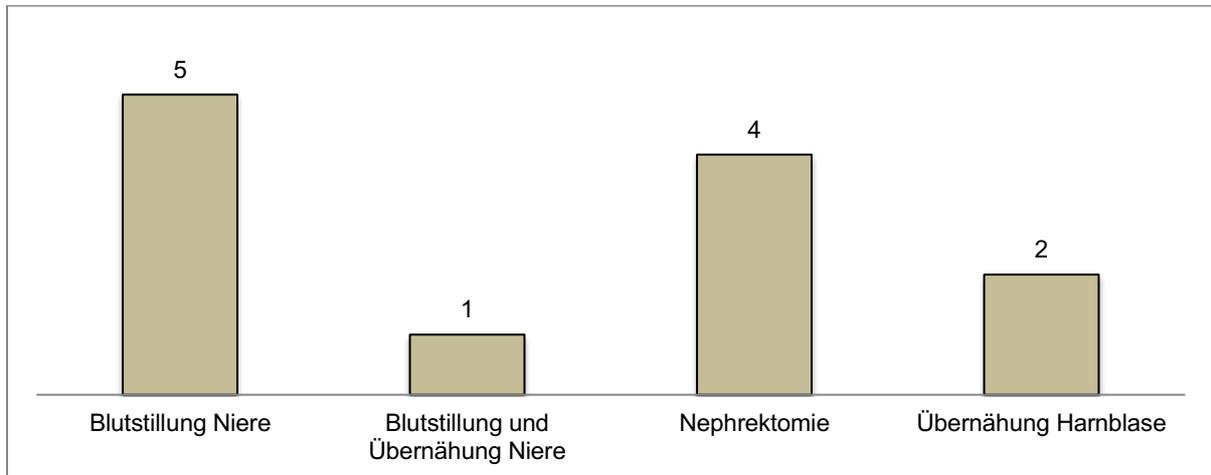


Abbildung 18 - Operatives Management Läsion Nieren und ableitende Harnwege

Die operativen Prozeduren bei Verletzung der Nieren und ableitenden Harnwege waren bei 5 Patienten (41,7%) eine lokale Blutstillung des Organs, in einem Fall (8,3%) die lokale Blutstillung mit Organübernähung und bei 4 Patienten (33,3%) die Nephrektomie (Abbildung 18). Eine Übernähung der Blase war bei 2 Patienten (16,7%) durchgeführt worden. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Kohorte der Patienten mit Verletzung der Nieren und ableitenden Harnwege.

4.6.7 Gefäße

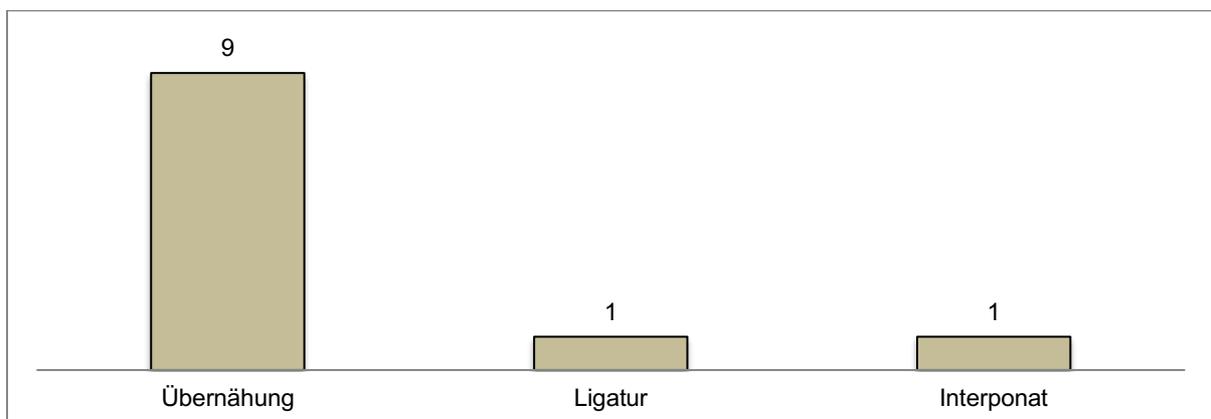


Abbildung 19 - Operatives Management Gefäßläsionen

Die Interventionen bei relevanten Gefäßläsionen, die im Rahmen der Versorgung durchgeführt wurden, waren bei 9 Patienten (81%) als Übernähung erfolgt. In jeweils einem Fall wurde eine Ligatur eines relevanten Gefäßes durchgeführt sowie ein Veneninterponat eingesetzt, was anteilig je 9,1% des Kollektivs der Verletzten mit Gefäßläsion entspricht (Abbildung 19).

Bezüglich des Gesamtkollektivs war lediglich bei einem Patienten (0,8%) eine komplexe Prozedur im Sinne der Anlage eines Gefäßinterponats angewandt worden.

4.6.8 Zwerchfell

Bei 11 der Verletzten war im Rahmen der operativen Behandlung eine Zwerchfellläsion zur Darstellung gekommen, welche in allen Fällen durch eine direkte Naht ohne Notwendigkeit der komplexen Rekonstruktion, z. B. unter Anwendung von allogenem Material, adressiert werden konnte. Dies entspricht einem Satz von 8,9% des Gesamtkollektivs.

4.6.9 Pankreas

Die Läsionen des Pankreas waren bei 4 Patienten, entsprechend 3,3% des Gesamtkollektivs, jeweils mittels Übernähung und Anlage einer Drainage adressiert worden. Partielle Resektionen, Resektionen mit anschließender Rekonstruktion oder Pankreatektomien waren in keinem der Fälle notwendig gewesen oder angewandt worden.

4.7 Damage Control Surgery (DCS) versus Early Total Care (ETC) versus Selective Non-Operative Management (SNOM)

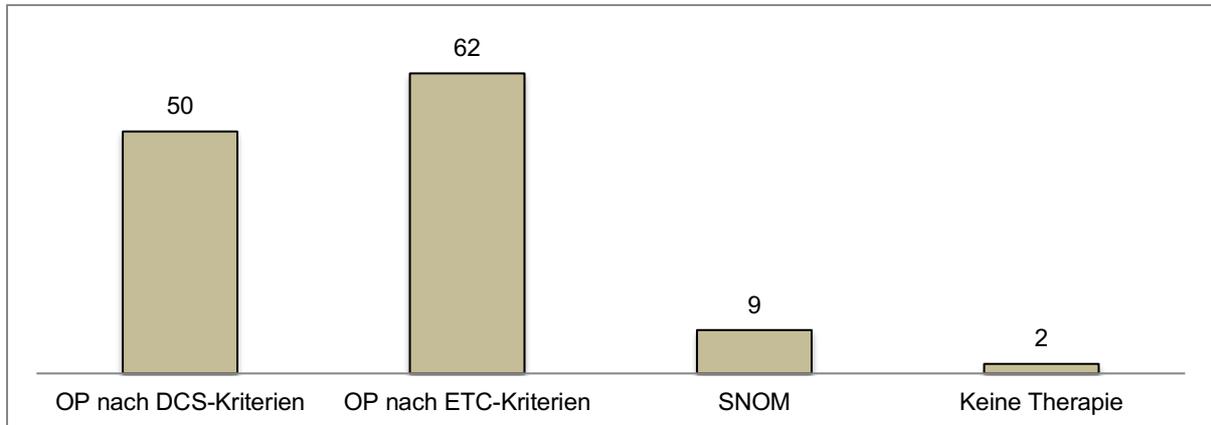


Abbildung 20 – Differenzierung Versorgungsstrategie

Von den behandelten Patienten wurden 50 nach Damage Control Surgery (DCS)-Kriterien operiert, was einem prozentualen Anteil von 40,7% entspricht. Die operative Versorgung von 62 Patienten war anhand der durchgeführten Prozeduren in ein Early Total Care (ETC) Konzept einzuordnen, entsprechend einem Prozentsatz von 50,4%. 9 Patienten, entsprechend 7,3%, erhielten ein Selective Non-Operative Management (SNOM). 2 Verwundete verstarben primär im Rahmen der Schockraumbehandlung (Abbildung 20).

4.7.1 Laparostoma

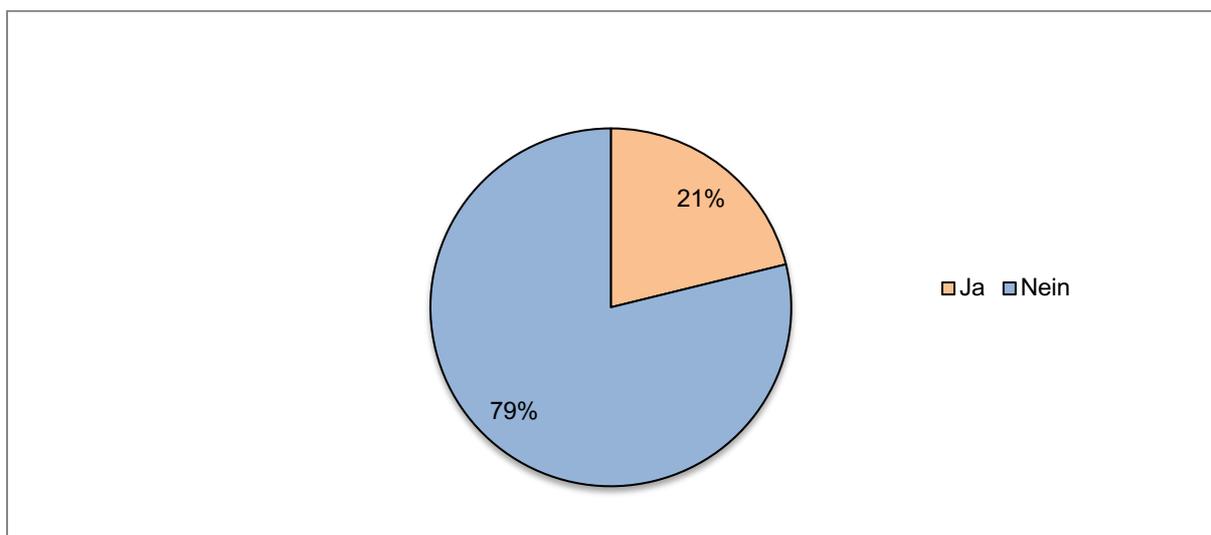


Abbildung 21 - Anlage eines Laparostoma

Im Gesamtkollektiv wurde bei 26 Patienten, entsprechend 21%, ein Laparostoma angelegt (Abbildung 21). Alle Laparostomapatienten waren zuvor gemäß DCS-Kriterien operiert worden, so dass dies in der Kohorte der nach DCS versorgten Patienten einem Anteil von 52% entspricht.

4.7.2 Belassenes abdominelles Packing

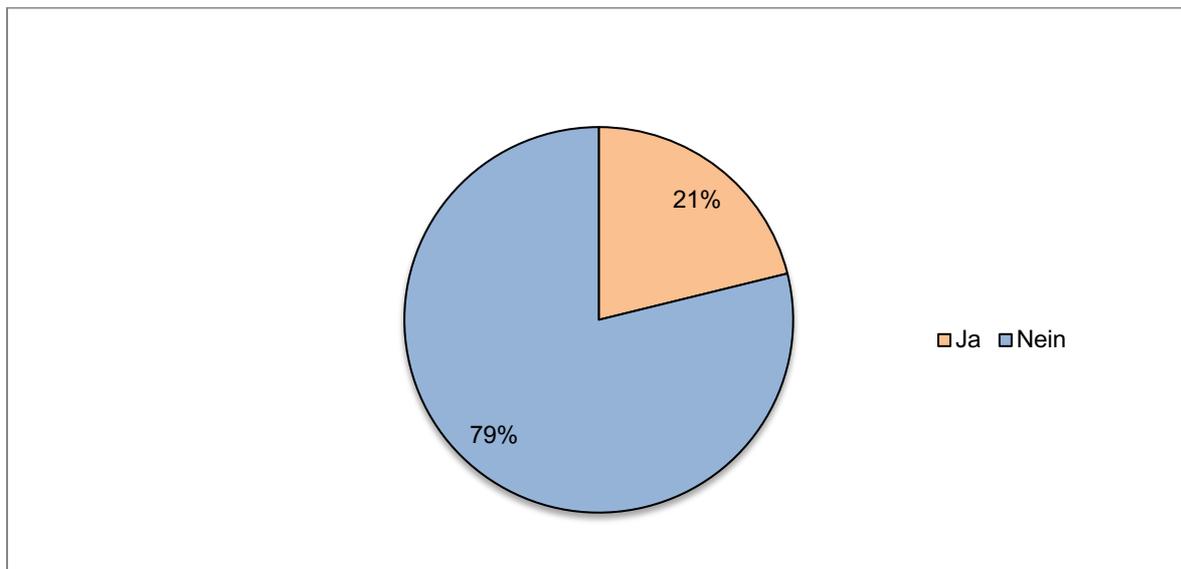


Abbildung 22 - Belassenes abdominelles Packing

In den vorliegenden Daten war herauszuarbeiten, dass die Patienten, die man mittels eines belassenen Packings zur Stabilisation bis zu einem Second Look behandelt hatte, identisch zu den Patienten waren, die mittels Laparostoma behandelt worden waren. Damit ergeben sich die identischen Verhältnisse bezüglich der Prozentsätze auf das Gesamtkollektiv mit 21% (Abbildung 22) bzw. 52% der nach DCS-Kriterien operierten Patienten.

4.8 Mortalität

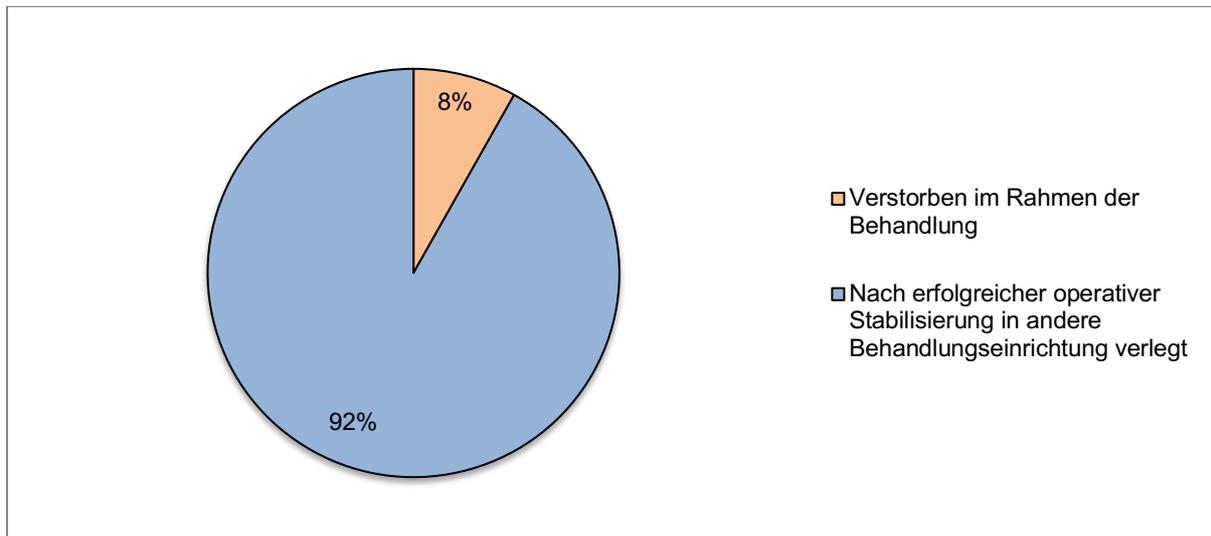


Abbildung 23 - Mortalität gesamt

Im Rahmen der Behandlung verstarben 10 Patienten, was einer Mortalität von 8% des Patientenkollektivs während der Schockraumbehandlung oder der primären operativen Therapie entspricht (Abbildung 23). Hiervon sind lediglich 2 Patienten keiner operativen Therapie mehr zugeführt worden. Dies bedeutet im Gegenzug, dass 92% nach erfolgreicher primärer operativer oder nicht-operativer Therapie und ggf. Primärstabilisierung auf der Intensivstation in eine andere Behandlungseinrichtung verlegt werden konnten.

Aufgeteilt nach Verletzungsentität ergibt sich folgende Verteilung:

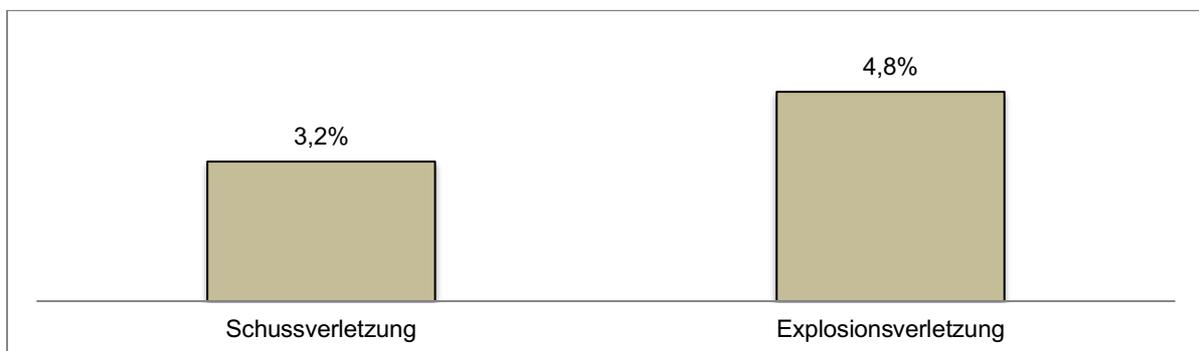


Abbildung 24 - Mortalität nach Verletzungsentität

Hierbei waren 4 der Patienten mit Schussverletzung und 6 mit Explosionsverletzung primär in die Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr in Afghanistan eingeliefert worden, bei denen es zu einem letalen Ausgang im Rahmen der primären Versorgung kam. Dies entspricht bezogen auf das Gesamtkollektiv 3,2% letalen Ausgangs nach Schussverletzung und 4,8% nach Explosionsverletzung (Abbildung 24). Dieser Unterschied stellte sich als nicht signifikant dar ($P=0,577$).

Differenziert nach Kohorten sind dies 6,3% der Schussverletzten und 10% der Verletzten nach Explosion mit letalem Ausgang.

8 der vorgenannten Patienten (3 Schussverletzte, 5 Explosionsverletzte) waren einer operativen Therapie zugeführt worden, 2 der Patienten waren im Rahmen der Schockraumversorgung ihren Verletzungen erlegen.

Von den 8 intraoperativ ihren Verletzungen erlegenen Patienten waren 5 nach DCS- und 3 nach ETC-Kriterien versorgt worden. Dies entspricht einer Mortalität von 10% für nach DCS- und von 4,8% für nach ETC-Kriterien behandelte Patienten.

5. Diskussion

5.1 Einflussfaktoren auf Patientenzahlen und Verletzungsentitäten und deren Bedeutung

Betrachtet man die Entwicklung der Anwendung von Gewalt im Verlauf der betrachteten Zeitspanne, so zeigt die Verteilung der Patientenzahl des Gesamtkollektivs eine direkte Abhängigkeit zur Eskalation der Gewalt in der Region zum Engagement der Bundeswehr in Afghanistan und somit insbesondere zum Engagement der Behandlungseinrichtungen des Regional Command North (RC North). Über die Zeitdauer der Einsätze war die Intensität des Konflikts sehr unterschiedlich bewertet worden. Eine Zuspitzung der Gewalt sowohl gegen die vor Ort eingesetzten NATO-Verbände, synchron aber auch gegen die Zivilbevölkerung, war in den Jahren 2009 bis 2011 zu verzeichnen. Dies korreliert mit den Zahlen des Anstiegs auf 31% der angefallenen Verwundeten des ausgewerteten Patientenkollektivs und findet sich als höchster Wert in diesem Zeitraum wieder. In den Folgejahren kam es erneut zu einem Rückgang der Aggressivität und damit auch zu einem Rückgang der Patientenzahlen.

Eine durch STATISTA herausgegebenes Diagramm, welches die Zahl der Terroranschläge in Afghanistan von 2007 bis 2020 im jährlichen Überblick darstellt, zeigt einen Anstieg der Zahl von Anschlagsgeschehen mit den Höchstwerten in den Jahren 2010/2011 (3346 und 2872 Anschläge). Nach in den Vorjahren stattgehabtem stetigen Anstieg und nach 2011 deutlichem Abfall auf das insgesamt niedrigste Level in 2012 (1023 Anschläge), ondulierten die Zahlen in den Folgejahren in Bereichen zwischen 1100 und 1750 Anschlägen jährlich (79).

Die Verletzungsentitäten bezüglich der Entstehung durch Schusswaffen zum einen und durch Sprengstoff zum anderen, sind ebenfalls als direkte Folge dieser Entwicklung erklärbar.

Schusswaffen, in der Hauptsache in Form der Kalaschnikow AK-47 und AK-74 inklusive zugehöriger Munition aus ehemaligen Militärbeständen, sind in Afghanistan vor allem in Folge der Intervention der UDSSR bis 1989 ubiquitär vorhanden (80). Ein

Einsatz dieser Waffen ist daher vor logistischem Gesichtspunkt sehr unkompliziert möglich. Dies ist der wahrscheinlichste Hauptaspekt für die anfänglich überwiegend durch Schusswaffen verletzten und daran behandelten Patienten in den Jahren 2007 bis 2009.

In der darauffolgenden Periode mit der vorgenannten Eskalation der Gewalt, wurden detailliert geplante Terroraktionen mit Sprengstoff durch die Aggressoren durchgeführt, um möglichst große Zahlen an Opfern und Betroffenen zu erzeugen (79). Dies wird durch die in den Jahren 2010 und 2011 überwiegende Zahl an explosionsverletzten Patienten verdeutlicht. Diese wurden vorrangig durch Improvised Explosive Devices (IEDs), also improvisierte Sprengsätze verwundet. Infolge der ausgeweiteten Intervention durch die eingesetzten NATO-Truppen und zunehmend angeleiteter Kontrolle durch die lokalen Sicherheitskräfte vor Ort, kehrte sich dies in den letzten Jahren des Betrachtungszeitraumes erneut um. Die Jahre 2014 und 2015 bilden hier eine Ausnahme, die auch in der Statistik wiederzufinden ist und mit einem dort nachgewiesenen erneuten Anstieg einhergeht(79). 2015 ist aufgrund von nicht vorhandenen Patienten im untersuchten Kollektiv nicht zu beurteilen. Einflussfaktoren, die diesen Zahlen zugrunde liegen, sind einerseits temporär wechselnde Kapazitäten und Möglichkeiten zur Behandlung ziviler Patienten auf Seiten der Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr im Rahmen humanitärer Hilfe, insbesondere aufgrund im Verlauf veränderter Gefährdungslagen der Einrichtungen wie auch der zu versorgenden NATO-Truppe in der Fläche. Andererseits bestanden angeordnete Restriktionen, was damit die Möglichkeit zur Annahme und Behandlung der zivilen Verletzten unterband.

Zudem beeinflussten wechselhafte Kapazitäten und Möglichkeiten der Patientenversorgung in lokalen afghanischen Versorgungseinrichtungen, aber auch in teilweise ansässigen karitativen und durch Non-Governmental Organisations (NGOs) wie Ärzte ohne Grenzen (MSF) und Roter Halbmond betriebenen Versorgungseinrichtungen, maßgeblich die Versorgungssituation und -notwendigkeit für Opfer von Anschlagsgeschehen.

5.2 Einordnung von ISS und Verletzungsschwere

Der ISS stellt den aktuellen Standard der Einschätzung eines Traumapatienten entsprechend seines Verletzungsmusters sowie einer Vergleichbarkeit der Traumaschwere untereinander dar, der bei der Versorgung von Schwerverletzten in Deutschland und auch weltweit vorrangig genutzt wird. Die Anwendung bezüglich der Vergleichbarkeit wurde in mehreren Publikationen hinterfragt und daher der ISS vorrangig mit dem New Injury Severity Score (NISS) verglichen. Hierbei konnten Diskrepanzen bezüglich der Mortalität aufgezeigt werden. Je nach Auswertung war der ISS oder auch der NISS in der Einschätzung überlegen (81).

In den als Auswertungsgrundlage genutzten Patientendokumentationen war ausschließlich der ISS als für den Zeitraum geltender Standard in den betreffenden Behandlungseinrichtungen in den Akten angegeben.

Mit dem Resultat der Auswertung konnte aufgezeigt werden, dass der ISS bei den Schussverletzten im Vergleich mit 23,7 signifikant ($p < 0,001$) niedriger war als bei den Explosionsverletzten mit 30,6, was die Untersuchung für den Afghanistankonflikt in dieser Arbeit damit wiederholt bestätigt (4).

Um dieses Ergebnis einordnen und erklären zu können, muss man die beiden Arten der Verletzungsentstehung mit den zugehörigen resultierenden Verletzungsmustern differenzieren.

Bei Explosionsverletzungen handelt es sich grundsätzlich um thermo-mechanische Kombinationsverletzungen (28, 29). Dies bedeutet, dass sich der Impact auf den Körper aus dem Zusammenwirken von fünf möglichen Komponenten (Druckwelle, beschleunigte Teile, Anpralltrauma des Körpers, thermische Wirkung, Kontamination) zusammensetzen kann. Die Ursache für ein penetrierendes Abdominaltrauma ist in diesem Zusammenhang vorrangig die sekundäre Blast Injury (82), also ein durch beschleunigte Teile dominiertes Verletzungsmuster. Hinzu kommt jedoch, dass auch die Druckwelle oder ein Anpralltrauma des Körpers in der Lage sind penetrierende Traumata hervorzurufen. In welcher Intensität sich diese Faktoren auswirken, ist individuell und hauptsächlich von der Entfernung zum Zentrum der Detonation abhängig.

Dies bedeutet jedoch im Umkehrschluss, dass durch die Wirkung der Explosion eine Kombination aus stumpfem und penetrierendem Trauma auf den gesamten Körper

entsteht und damit mehrere Organsysteme bzw. anatomische Regionen durch unterschiedliche Wirkmechanismen in Mitleidenschaft gezogen werden (29, 31, 33).

Da sich der ISS aus den AIS98-Scores der drei führend verletzten anatomischen Regionen errechnet, haben alle Komponenten, die eine Wirkung entfaltet haben, eine Relevanz.

Bei einer Schussverletzung ergibt sich das Gesamtverletzungsmuster ausschließlich aus dem Weg, den ein oder auch mehrere Projektile beim Ein- und Durchdringen des Körpers genommen und dabei direkten Schaden verursacht haben sowie durch die zusätzliche Gewebedestruktion, die Resultat der Menge an Energie ist, die auf dem Penetrationsweg zusätzlich übertragen wurde (23). Eine stumpfe Komponente mit Wirkung auf den gesamten Körper ist in der Regel bei Schussverletzungen nicht vorhanden. In die Formel zum Errechnen des ISS kann hier nur die betroffene anatomische Körperregion eingehen, was dementsprechend, je nach involvierten Arealen, begrenzt ist.

Zusammenfassend erklärt dies die Unterschiede im ISS Wert mit einerseits einer fokalen Verletzung nach Schuss und andererseits einer häufig deutlich generalisierteren Verletzung nach Explosion (82, 83).

Die tatsächliche Verletzungsschwere ist unter anderem abhängig von der lokalen Gewebedestruktion, welche unterschiedliche Variablen aufweist. Bei einem AIS98 Score von 5, was einer „sehr schweren“ Verletzung entspricht, bleibt in diesem Zusammenhang eine Subjektivität. Eine Abgrenzung zu 4 als „schwere“ Verletzung stellt einen fließenden Übergang dar.

Differenziert man beispielsweise Schussverletzungen weiter, kann sogar durch unterschiedliche Waffen-Kaliber-Kombinationen in der Kohorte der Schussverletzten bei identischem Verletzungshergang und resultierendem Gesamtverletzungsmuster in einer anatomischen Region die tatsächliche Gewebeerstörung aufgrund der unterschiedlichen Energieübertragung different sein, obwohl dies im AIS98 Score nicht abgebildet wird und dies direkt den zugehörigen ISS beeinflusst.

Diese Diskrepanz kann bei einer ISS-Berechnung anhand von CT-Befunden verstärkt zum Ausdruck kommen. Hintergrund ist eine in der Diagnostik vorkommende virtuelle Fehleinschätzung der Organsituation bezogen auf die tatsächliche Verletzungsausprägung (84).

5.3 Verletzungen der Organsysteme und deren Bedeutung

Die Auswertung der verletzten Organsysteme muss in der Gesamtbewertung mehrschichtig betrachtet werden, um eine Einordnung möglich zu machen.

Der erste Schritt besteht in einem Vergleich von Zahlen verletzter Organsysteme aus der Literatur bei penetrierendem Abdominaltrauma mit den Resultaten der Untersuchung ohne Differenzierung in Schuss- oder Explosionsverletzung. Als Vergleichszahlen eignen sich hier aufgrund der Tatsache, dass sie laut Literatur am häufigsten betroffen sind, Dünndarm, Colon und Leber (85). Hier ergeben sich jeweils im Vergleich von Literatur zur Untersuchung folgende Zahlen (je Literaturangabe vs. Gesamtkollektiv):

- Dünndarm: 48% vs. 35,7%
- Colon: 36% vs. 33,3%
- Leber: 34% vs. 21,1%

Damit bleiben die Zahlen für alle drei Organsysteme unter den erwarteten Literaturvorgaben (85).

Differenziert man in einem zweiten Schritt nach den für die Kohorten Schuss- und Explosionsverletzung detektierten Zahlen und vergleicht mit den vorgenannten Literaturvorgaben, ergibt sich folgende Gegenüberstellung (je Literaturangabe (L) vs. Schussverletzte (S) vs. Explosionsverletzte (E)):

- Dünndarm: 48% (L) vs. 39,68% (S) vs. 31,7% (E)
- Colon: 36% (L) vs. 39,68% (S) vs. 26,67% €
- Leber: 34% (L) vs. 17,46% (S) vs. 25% (E)

Hierbei bestätigt sich die Unterschreitung der Literaturwerte mit einer Ausnahme, den durch Schusswaffeneinsatz hervorgerufenen Colonverletzungen.

Als Ursache für die Diskrepanz ist am wahrscheinlichsten der Einfluss von Stichverletzungen anzunehmen, da diese in den Zahlen der Literaturvorgabe enthalten sind (85).

Vergleicht man in einem dritten Schritt die Zahlen der identischen Organsystemverletzungen von Untersuchung mit Literaturvorgaben für das stumpfe

Abdominaltrauma (86), ergeben sich differenziert (je Literaturangabe (L) vs. Schussverletzte (S) vs. Explosionsverletzte (E)):

- Dünndarm: 12% (L) vs. 39,68% (S) vs. 31,7% (E)
- Colon: 5% (L) vs. 39,68% (S) vs. 26,67% (E)
- Leber: 36% (L) vs. 17,46% (S) vs. 25% (E)

Eine möglicherweise zu erwartende Tendenz der Zahlen für die Explosionsverletzung mit deutlicher Annäherung an die Verteilung des stumpfen Traumas lässt sich nicht nachweisen, so dass man im Umkehrschluss den penetrierenden Aspekt auch für dieses Kollektiv der Untersuchung als führend annehmen muss.

5.4 Einordnung der Organprozeduren und des therapeutischen Spektrums

Bei all den operativen Prozeduren der Untersuchung handelt es sich um konventionelle, offene Operationen, was, wie bereits vorbeschrieben, an der Tatsache liegt, dass die Laparoskopie im Sinne der Ausstattung in den Behandlungseinrichtungen nicht vorhanden und damit nicht möglich war. Bei der zunehmenden Relevanz der Laparoskopie in Bezug auf das penetrierende Trauma unter den benannten Voraussetzungen (63, 66, 87, 88) bildet die Datenlage aus der Untersuchung somit das Vorgehen unter mitteleuropäischen Standardbedingungen und Optimalvoraussetzungen nicht ab. Eine Auswirkung kann dies bezüglich der operativen Therapie allerdings ausschließlich auf die Kohorte der nach ETC versorgten Patienten haben. Bei einer primären Notwendigkeit der Versorgung nach DCS-Kriterien vor Hintergrund der zu Grunde liegenden kardiopulmonalen Instabilität und des ausgedehnten Verletzungsmusters, besteht kein Vorteil in der Möglichkeit zu minimalinvasivem Vorgehen, da die Grundvoraussetzungen dafür fehlen.

Um ein notwendiges Spektrum für die Versorgung zu analysieren, bedarf es auch hier einer Einzelbetrachtung der Organsysteme.

5.4.1 Dünndarm

Läsionen des Dünndarms sind in der Auswertung der Daten der Untersuchung sowie in der Literatur die häufigste Läsion (82, 89). Sie sind zweifellos mittels operativer Therapie zu adressieren und führen nach kurzer Zeit, wenn unbehandelt Dünndarmsekret in die Bauchhöhle austritt, zu einem Peritonismus auf Boden einer chemischen Peritonitis. Hinzu können mit der Verletzung des Darms einhergehende Schädigungen des Mesenteriums vorhanden sein, die zu starken Blutungen führen können (90). Die Läsionen des zentralen Mesenteriums fallen allerdings, wenn die Notwendigkeit zur Wiederherstellung der Perfusion besteht, unter die Versorgungsstrategien von Gefäßläsionen und werden im Rahmen der Betrachtung der Gefäßläsionen erneut aufgegriffen.

Als Versorgungsmöglichkeiten von Läsionen des Dünndarms kommen als grundlegende Strategien die DCS oder die ETC in Frage. Als Methoden der operativen Versorgung sind dies Segmentresektion als primäre Diskontinuitätsresektion mit Blindverschluss auf Seiten der DCS, die Ausleitung der Läsion als Stoma, endständig oder doppelläufig sowie die primäre Naht mit oder ohne Excision der Wundränder und die primäre Anastomose auf Seiten der ETC. Betrifft die Läsion mehr als 50% der Zirkumferenz des Darmes und wird primär vernäht, ist sie bezüglich des Risikoprofils der Anastomose faktisch gleichzusetzen (91).

Betrachtet man die Aufstellung der angewandten Organprozeduren, kommt man zu dem Schluss, dass bezüglich der penetrierenden Dünndarmverletzungen das volle Spektrum an operativen Möglichkeiten der Versorgung gefordert werden muss, um die operative Situation beherrschen zu können. Dies impliziert die situative Entscheidung zur Auswahl des adäquaten Verfahrens, um die Morbidität so gering wie möglich zu halten.

5.4.2 Colon

Betrachtet man die Prozeduren, die bei Colonverletzungen durchgeführt wurden, stellt sich ebenfalls dar, dass hier das gesamte Spektrum der Colonchirurgie angewandt wurde.

Das Colon als das in der Literatur als am zweithäufigsten betroffene Organ bei penetrierenden Abdominalverletzungen, hat daher hohe Relevanz (92).

Neben der Kenntnis von resezierenden Verfahren, wie auch der entsprechenden Rekonstruktion, gilt, dass nach den Vorgaben der DCS lediglich eine Resektion mit Blindverschluss eine adäquate therapeutische Antwort beim instabilen Patienten darstellt. Eine endständige Darmausleitung oder eine Rekonstruktion im Sinne einer Anastomosierung kann im Rahmen des second look erfolgen (91, 93).

Abhängigkeiten für das Resektionsausmaß ergeben sich aus der mesenterialen Destruktion im Rahmen der Verletzung und der damit verbundenen Durchblungsverhältnisse. Im Zweifel muss in der Folgeversorgung eine Nachresektion des Darmes erfolgen und eine geplante Rekonstruktion unterbleiben, eine Stuhableitung als endständiges Colostoma ist die daraus folgerichtige Konsequenz.

Bei allen Risiken durch die Kontamination nach einer Colonverletzung, kann die primäre Naht der Läsion als Möglichkeit des Repairs aufgeführt werden, die in der Notfallchirurgie lange Zeit in den Hintergrund gedrängt war. Nach aktuellem Stand kann dieses Verfahren aber bei nicht strukturdestruktiver Läsion eines Colonabschnittes, die mesenterialen Anteile samt der Durchblutung eingeschlossen, angewandt werden (94).

5.4.3 Leber, Gallenwege und Gallenblase

Die Versorgung der Leber nach einem Trauma stellt das klassische und am häufigsten genutzte Beispiel für eine Organprozedur in der DCS dar. Hierbei ist das primäre Ziel die Blutstillung. Erreicht werden kann dies in der Regel über das manuelle Wiederherstellen der Form der Leber durch Kompression, durch Aufrechterhalten der Kompression mittels Packing, ggf. zusätzlicher Durchführung eines temporären Pringle-Manövers sowie einem Nahtverschluss insbesondere arterieller Läsionen (8, 95, 96). Darüber hinausgehende Verfahren beziehen Resektionen bis hin zur Lobektomie und Hemihepatektomie mit ein. Je nach Lokalisation der Verletzung, ist die Komplexität einer Leberverletzung abhängig von der Lagebeziehung zu bzw. dem Einbezug der zentralen Lebervenen.

Betrifft eine Verletzung die zentralen Lebervenen, so kommt die Versorgung der einer Vena-cava-Läsion gleich, mit der Schwierigkeit, dass über diese ggf. transdiaphragmal proximal sowie infrahepatisch distal Kontrolle ausgeübt werden muss (97). Ein Klemmen der zentralen Lebervenen, da dies intraparenchymatös erfolgen müsste, stellt in der Realität beim Trauma mit massiver Blutung keine realistische Option dar. Die Entscheidung über eine Rekonstruktion der zentralen Leber inkl. der Lebervenen erfordert viel leberchirurgische Erfahrung, wobei das Erreichen einer Blutungskontrolle in der Mehrzahl der Fälle zumindest temporär über ein Packing, in diesem Falle nach vollständiger Mobilisation des Organs, zu erreichen ist (98).

Bei direkten Läsionen der Gallenblase bzw. Läsionen der an sie grenzenden Lebersegmente ist eine Cholezystektomie erforderlich, wobei die Durchführung derselben primär oder erst im weiteren Verlauf nicht von Relevanz ist (99). Die Cholezystektomie ist ebenfalls bei größeren Defektverletzungen der Leber zu erwägen (100).

Die größere Problematik bezüglich der Gallenwege ist geboten, wenn diese sehr zentral verletzt sind, wobei hier das Ausmaß der Läsion von entscheidender Relevanz ist. Der Versuch einer Schienung mittels Stent bis in das Duodenum und Naht der Läsion wären eine Möglichkeit des Adressierens dieses Problems (101). Aufgrund der schwindenden Zahl an offenen Cholezystektomien bei relativ geringer Komplikationsrate durch die laparoskopische Entfernung der Gallenblase, stellt der Umgang mit einem Stent oder T-Drain, offen eingebracht im Rahmen einer Operation, die Operateure der Zukunft vor immer größere Herausforderungen (102). Beispielsweise ist die Relevanz des operativen Einsatzes eines T-Drain mittlerweile durch die inzwischen hauptsächlich angewandten endoskopischen Verfahren deutlich in den Hintergrund gerückt.

Betrachtet man dieses Spektrum an Möglichkeiten und gleicht es mit dem in Anwendung gebrachten des untersuchten Kollektivs ab, so kann man eindeutig bewerten, dass im untersuchten Kollektiv bezüglich der Leber und den Gallenwegen nur die traumachirurgische Basisanforderung abgerufen wurde. Leberresektionen waren primär in keinem der untersuchten Fälle erforderlich. Die durchgeführten Cholezystektomien waren direkten Verletzungen der Gallenblase geschuldet.

Vor dem Hintergrund der multiplen Verletzungsmöglichkeiten im Bereich der Leber und Gallenwege und davon differenziert abhängigen Therapienotwendigkeiten sollte eine zielgerichtete traumachirurgische Ausbildung mehr beinhalten als Packing und Übernähung, auch wenn dies in der Untersuchung nicht abzubilden war.

5.4.4 Milz

Die Versorgung von Milzläsionen ist abhängig vom Ausmaß und vom Gesamtzustand des Patienten mit grundsätzlich drei Möglichkeiten des therapeutischen Handelns gekoppelt. In erster Linie ist dies die Splenektomie, in zweiter Linie milzerhaltende operative Verfahren und letztendlich noch ein konservatives Vorgehen (34).

Letzteres stellt für sich gesehen beim penetrierenden Trauma der Milz nach Schuss oder Explosion nur eine geringe Erfolgsaussicht dar. Eine primär abwartende Haltung führt in diesem Zusammenhang höchstwahrscheinlich zu einem verzögerten operativen Ansatz, jedoch ist eine geringe Zahl an Fällen beschrieben, in denen dieses Vorgehen erfolgreich war (103).

Zusätzlich zur chirurgischen Therapie hat der endovaskuläre Verschluss der Arteria lienalis oder eines Segmentgefäßes grundsätzlich beim Trauma seine inzwischen in der Leitlinie Polytrauma verankerte Berechtigung (34). Der Vorteil einer solchen Versorgung ist der Erhalt der immunologischen Fähigkeit der Milz auch nach Verschluss des Hauptstamms der Arteria lienalis (104). Unter den Gesichtspunkten einer penetrierenden Abdominalverletzung nach Schuss oder Explosion, stellt die kardiopulmonale Stabilität des Patienten zur Durchführung dieser endovaskulären Maßnahme eine Voraussetzung dar (105).

Betrachtet man die interventionelle Angiographie in Kombination mit einer folgenden Laparoskopie (106) kann dieses Gesamtkonzept auch bei einer Schuss- oder Fragmentverletzung als Möglichkeit in Betracht kommen. Abhängig von Begleitverletzungen stellt dieses Vorgehen im Hybridverfahren mit der Laparoskopie jedoch nicht zwingend das Mittel der ersten Wahl dar.

Je nach Patientenzustand ist auch die angiographische Okklusion in Kombination mit einer offenen Resektion im Sinne der Splenektomie in Folge eine Möglichkeit. Hierbei ist die arterielle Komponente der Blutung weitestgehend vor der operativen

Intervention ausgeschaltet und entsprechende durch das Trauma hervorgerufene Begleitverletzungen in der Operation können unter besseren Voraussetzungen bezüglich der Hämorrhagie adressiert werden. Allenfalls in Frage kommen kann ein solches Vorgehen bei als „Stabil“ oder „Borderline“ kategorisierten Patienten.

In der Untersuchung war diese beschriebene Behandlungsmethode aufgrund fehlender Voraussetzungen für die Angiographie im Einsatz im untersuchten Zeitraum nicht in Betracht zu ziehen.

Die klassische therapeutische Antwort auf das Milztrauma beim instabilen Patienten bleibt jedoch die gemäß der DCS bestehende Forderung nach der Splenektomie (5), welche auch in der Untersuchung bei der Majorität der Patienten mit Milzläsion zur Anwendung kam und technisch beherrscht werden muss.

5.4.5 Magen

Der Magen als ein Organ mit exzellenter vasculärer Versorgung hat ein hohes Potential an Regenerationsfähigkeit nach Reparation von Verletzungen.

Je nach Lokalisation einer Läsion des Magens muss intraoperativ über das angepasste Verfahren entschieden werden.

Entscheidend in der Versorgung von penetrierenden Verletzungen gilt für alle Hohlorgane, dass jeweils Vorder- und Rückseite auf Läsionen überprüft werden. Für den Magen bedeutet dies eine Eröffnung der Bursa omentalis, um die Hinterwand beurteilen zu können (107).

Hohe Magenläsionen bieten das Risiko starker Blutungen aus der Arteria gastrica sinistra sowie ggf. die Notwendigkeit der Versorgung einer Läsion des gastro-ösophagealen Übergangs, die in der Regel jedoch mit Verletzungen der großen Gefäße einhergehen. Dies bedeutet, dass ein Patient, der unter diesen Voraussetzungen eine Behandlungseinrichtung erreicht, als „in Extremis“ zu erwarten ist (108).

Wiederherstellungen des gastro-ösophagealen Übergangs sollten im Verlauf bezüglich eines Komplikationsmanagements unter der Möglichkeit der ösophagoskopischen Stenteinlage erfolgen (109).

Die Methoden der Wedgeresektion, wie auch die partielle Gastrektomie, gehören zum potenziellen Behandlungsspektrum. Letztere erfolgt mit Rekonstruktion als Gastro-Jejunostomie nach Roux-Y bei distalen Magenverletzungen. Je nach Grad und Ausmaß der Destruktion kommt auch eine Gastrektomie in Frage.

Die in der Datenauswertung erfolgten Maßnahmen waren die Excision und Übernähung der jeweiligen Läsion sowie die Wedgeresektion, die somit vom potenziellen Spektrum an Möglichkeiten als handwerklich weniger diffizile zu werten sind. Sobald die Versorgung einer ösophago-gastralen Läsion notwendig ist, liegt dies bei eigenverantwortlichen Operateuren im Spektrum der speziellen Viszeralchirurgie (71).

5.4.6 Nieren und ableitende Harnwege

Die Versorgung von Läsionen der Nieren und ableitenden Harnwege geht über das Spektrum, welches in Deutschland regelhaft von Chirurgen durchgeführt wird, hinaus, da dies in der Routine der Urologie zugeschrieben ist. Dies schlägt sich in den Weiterbildungskatalogen der beiden Fachdisziplinen nieder (71). Die Operationen von an Nieren und ableitenden Harnwegen hervorgerufenen Verletzungen bei den Patienten des untersuchten Kollektivs waren von Chirurgen durchgeführt worden, da unter den besonderen Umständen des militärischen Auslandseinsatzes Urologen nicht in allen Behandlungseinrichtungen vertreten waren. Dies stellt eine Besonderheit bezüglich der Bewertung dar.

Geht man von der Situation in Deutschland aus, so ist die Conclusio einfach. Nämlich, dass ein Urologe, wenn verfügbar, unmittelbar hinzugezogen werden muss.

Muss man sich auf chirurgischer Seite für das Trauma alleinverantwortlich zeigen, ist das mögliche durchzuführende Spektrum abhängig von der Verletzung mit kompressiver Blutstillung, der Kombination mit einer Übernähung, der Rekonstruktion des Nierenbeckens bis hin zur Nephrektomie anzusetzen. Es kommen reparatives Vorgehen im Bereich der Ureteren, die Rekonstruktion der Blase und die Anlage von Harnleiterschienen hinzu.

Relevant bei den Nierenverletzungen und dadurch zur therapeutischen Herausforderung können Verletzungen der Nierengefäße werden. Aufgrund der

Insertion derselben in Aorta bzw. Vena cava ist bei der Notwendigkeit zur Durchführung eines Repairs eine höhere gefäßchirurgische Expertise zu fordern (110). Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit der alleinverantwortlichen Therapienotwendigkeit für renale und ableitende Harnwegsverletzungen ebenfalls als gering anzusehen.

Unter den Voraussetzungen des Auslandseinsatzes waren jedoch die kompressive Blutstillung, die Kombination mit einer Übernähung, die Nephrektomie und die Übernähung der Harnblase angewandt worden.

Um zur notfallmäßigen Versorgung penetrierender Verletzungen der Niere und ableitenden Harnwege in der Lage zu sein, sollte aufgrund der vorgenannten Anforderungen die Kompetenzen über das im Rahmen der Untersuchung dargestellte Spektrum an angewandten Prozeduren hinausgehen. Ein Organerhalt ist damit jedoch nicht uneingeschränkt sicherzustellen.

5.4.7 Zwerchfell

Die Zwerchfellläsion ist eine im Rahmen der operativen Traumaversorgung häufig übersehene Verletzung (111). Intraoperativ gehört die Zwerchfellexploration zum geforderten Standardprozedere bei Traumalaparotomien. Trotzdem findet sich eine Rate von übersehenen Zwerchfellläsionen von bis zu 14% (112).

Wird sie detektiert, muss sie im Sinne des Nahtverschlusses adressiert werden. Ist eine primäre Nahtrekonstruktion aufgrund ausgedehnter Gewebedestruktion nicht möglich, so besteht grundsätzlich die Notwendigkeit zur aufwändigen Rekonstruktion ggf. unter Einsatz allogener Materialien oder Muskel-Flaps (113). Ausgehend vom Patientenstatus im Rahmen der Primäroperation, müssen Wiederherstellungen dieser Art sekundär unter Einbeziehung der genannten Methoden, die alltäglich deutlich größere Relevanz in der Tumorchirurgie haben, erfolgen.

Bezüglich der Hernierung im Verlauf besteht ein deutlicher Unterschied in der Häufigkeit zwischen der rechten und der linken Zwerchfellseite (114). Die Relevanz der linksseitigen Zwerchfellversorgung ist aufgrund der auf dieser Seite bestehenden höheren Gefahr für Hernien von höherer Relevanz, rechtsseitig schützt die Leber vor der Hernierung und damit einer Inkarzeration. Unabhängig davon ist eine Zwerchfellläsion auch rechtsseitig operativ zu versorgen.

Die in der Auswertung der Daten dargestellten 11 Fälle mit Zwerchfellläsionen, konnten allesamt mittels direkter Naht adressiert werden. Aufgrund der beschriebenen Einschränkungen bezüglich Folgeuntersuchungen ist eine Aussage der Suffizienz der jeweiligen Therapie nicht möglich.

5.4.8 Pankreas

Die Versorgung des Pankreas bei Verletzung im Rahmen eines penetrierenden Traumas stellt die Therapeuten vor eine große Herausforderung. Aufgrund der anatomischen Lage kommt dies faktisch nicht isoliert vor (115). Gerade die Verletzungen der großen Gefäße in direkter Nachbarschaft besitzen eine hohe Relevanz, wobei hier nicht nur von Vena cava und Aorta gesprochen werden muss, sondern beispielsweise auch von einer Verletzung der Vena portae.

Für die Pankreasläsion in diesem Zusammenhang muss zwischen Pankreas-links- und -rechtsläsionen unterschieden werden.

Bei relevanten Läsionen des Pankreasschwanzes bietet die primäre Resektion bei allem Risiko einer postoperativen Pankreasfistel eine adäquate Therapie. In aller Regel ist dies mit einer simultanen Splenektomie einhergehend. Trotz der vermeintlichen Einfachheit des Adressierens besteht verbunden mit diesem Eingriff eine Mortalität von bis zu 12% (116).

In der Primärversorgung von rechtsseitigen und zentralen Pankreasläsionen gerät die notfallmäßige partielle Pankreatiko-Duodenektomie („Notfall-Whipple“) aufgrund hoher Mortalität immer weiter in den Hintergrund, stellt aber bei einzelnen Patienten, beispielsweise bei nicht kontrollierbaren Blutungen der Pankreashinterwand, eine notwendigerweise zu überdenkende Therapieform dar (117). Als Standardprozedur sind nach einer Blutstillung und ggf. einer Übernähung die ausgiebige Lavage und eine suffiziente Drainageeinlage das Mittel der Wahl. Alle weiteren Maßnahmen haben vorrangig ihren Platz im Rahmen der Folgeversorgung, wobei dann auch resezierende Verfahren in Frage kommen.

Beim untersuchten Patientenkollektiv waren ausschließlich Übernähungen und Drainageeinlagen ausgeführt worden, was dem aktuellen Stand der adäquaten Primärversorgung bei Pankreasläsionen entspricht.

5.4.9 Gefäße

In der Literatur bezüglich der Versorgung des Abdominaltraumas, insbesondere bei penetrierenden Verletzungen der untersuchten Entitäten, haben Gefäßläsionen vor dem Hintergrund der Mortalität die höchste Relevanz (118). Hierbei muss man sich verdeutlichen, dass zumindest primär die Blutungskontrolle Vorrang vor der Rekonstruktion hat. Zusätzlich kann man pauschalisieren, dass grundsätzlich alle venösen Gefäße, abgesehen von der Vena porta, mittels Ligatur adressierbar sind. Letalitätsraten bei Ligatur der Vena cava belaufen sich jedoch auf bis zu 23% (119). Arterielle Läsionen, die mittels Ligatur adressiert wurden, bedeuten für das Abdomen eine 100%ige Ischämierate bei der Arteria mesenterica superior sowie der Arteria renalis.

Vor diesem Hintergrund besteht die Notwendigkeit der Behandlung von Läsionen des zentralen Mesenteriums unter Gesichtspunkten der Gefäßrekonstruktion, zumindest muss die Notwendigkeit einer solchen geprüft werden. Gerade im Bereich der Arteria mesenterica superior liegt die Letalität trotz Rekonstruktion bei bis zu 54% (120).

Die primäre operative Antwort einer relevanten arteriellen Läsion besteht unter DCS-Kautelen in der Anlage eines temporären Shunts und in Folge einer sekundären Rekonstruktion (5, 8, 35). Hierbei bietet sich ein autologes Veneninterponat, vor dem begleitenden Kontaminationshintergrund durch den Traumamechanismus nach Schuss oder Explosion, als zu bevorzugender Graft an.

Jedoch kommt auch die primäre Naht einer Läsion im Rahmen einer primären Traumaoperation in Betracht.

Verdeutlicht man sich das Spektrum an operativen Möglichkeiten unter ETC-Kriterien, ist eine primäre Gefäßanastomose, wie auch ein primäres Interponat, eine Patchplastik oder ein Bypass ein mögliches Vorgehen.

Im untersuchten Kollektiv war die Masse der Läsionen mittels Übernähung zu adressieren (9 Patienten), jedoch wurde in je einem Fall ein relevantes Gefäß ligiert und in einem Fall ein Interponat eingebracht, was zumindest bei Letzterem extendierte gefäßchirurgische Expertise voraussetzt.

5.4.10 Bewertung des operativen Spektrums

Beurteilt man das Gesamtspektrum, das basierend auf den differenzierten Daten zur operativen Versorgung eingesetzt worden war, so ergibt sich für das durch Schuss oder Explosion hervorgerufene, penetrierende Abdominaltrauma ein Portfolio, das große Teile des Kataloges der aktuellen Facharztausbildung zum Allgemein- in den meisten Fällen aber des Viszeralchirurgen beinhaltet und anteilig in den des speziellen Viszeralchirurgen hineinreicht (71). Verglichen mit der über die tägliche Routine aufzubauende Kompetenz, geht dieses Spektrum allerdings auch darüber hinaus. Neben den vorgenannten ragen manche der Versorgungsprozeduren in die der Gefäßchirurgie und der Urologie (71). In jedem Fall wird verdeutlicht, dass die Kompetenz des Facharztes für Allgemeine Chirurgie überstiegen wird.

Wenn man hinterfragt, ob alle durchgeführten Maßnahmen notwendig waren, kann dies aus den Daten nicht hergeleitet werden. Situativ war das Vorgehen entschieden worden, in der Annahme für jeden einzelnen Kasus die notwendigen Maßnahmen durchzuführen und kann daher nur akzeptiert werden.

Möchte man das geforderte Spektrum systematisch ausbilden, sind Maßnahmen notwendig, die unter 5.9 aufgeschlüsselt dargestellt werden.

5.5 Ursache für nicht-therapeutische Laparotomien

Das penetrierende Abdominaltrauma ist grundsätzlich, wenn dieses als Folge einer Schuss- oder Explosionsverletzung entsteht, zu explorieren (17). Dies ist aus der dabei vonstattengehenden Energieübertragung und damit möglichen entstandenen Läsionen, insbesondere der Hohlorgane zu begründen. Diese sind primär über die Notfalldiagnostik nur eingeschränkt detektierbar. Unentdeckt und einer verzögerten Behandlung zugeführt, sind sie Ursache für eine Erhöhung der Mortalität, die dieser Traumaentität zugeschrieben wird (121). Dieses Faktum stellt die reziproke Begründung dar, aus der sich nicht-therapeutische (oder negative) Laparotomien ergeben.

Beim kardio-pulmonal stabilen Traumapatienten rückt die Laparoskopie immer weiter in den Fokus. Dies liegt darin begründet, dass bei Fällen mit penetrierendem Trauma von hohem Impact, unter welche Verletzungen durch Projektile und Fragmente fallen, das minimalinvasive Vorgehen als zusätzliches diagnostisches Mittel, aber abhängig von der Verletzung auch zur Reparation, genutzt werden kann. Bei nur geringem Risiko der operationsinduzierten Verletzung für den Patienten (122) ist eine bereits vorhandene strukturelle, in der Diagnostik aber schlecht oder nicht detektierbare Läsion, aufzudecken. Übertragen auf das untersuchte Patientenkollektiv wäre diese kombinierte operativ-diagnostische Maßnahme nach den Möglichkeiten und Standards in Deutschland bei kreislaufstabilen Patienten als Alternative erwägbar gewesen und ggf. durchgeführt worden. Jedoch war die Laparoskopie in den Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr im Ausland innert des Beobachtungszeitraums kein zugängliches Mittel gewesen und die materiellen Voraussetzungen sind bis zum aktuellen Zeitpunkt dafür nicht standardisiert vorhanden.

Für die Bewertung nicht therapeutischer Laparotomien kommt hinzu, dass je nach Level der Behandlungseinrichtung unterschiedliche Diagnostikmöglichkeiten zur Verfügung standen. Bei den Behandlungseinrichtungen in Kunduz und Faizabad handelte es sich um sogenannte Role-2-Einrichtungen, in denen ein Basislabor, die Sonographie und ein mobiles Durchleuchtungsgerät sowie eine stationäre digitale Röntgeneinheit verfügbar waren und entsprechend eingesetzt wurden. In Mazar-e-Sharif wurde eine Role-3-Einrichtung betrieben, die zusätzlich zu den vorgenannten Möglichkeiten ein erweitertes Labor und einen Computertomographen (Siemens Somatom Emotion 6) beinhaltete (57). Setzt man diese Fakten nun in Kontext zu den erhobenen Zahlen, so ergibt sich bei den reduzierten diagnostischen Mitteln, insbesondere an den Standorten Kunduz und Faizabad die klare Notwendigkeit der explorativen Laparotomie zum Ausschluss struktureller Läsionen abhängig vom Verletzungsmuster. Hinzu kommt die unklare Lage bezüglich einer möglichen Weiterversorgung, Verlegung und intensivmedizinischen Behandlung. Je nach Flugbedingungen (insbesondere abhängig von Wetter und Sichtbedingungen) und Gefährdungslage war eine Verlegung der Patienten mit Flugzeiten unter Optimalbedingungen von mindestens 50min (Kunduz – Mazar-e-Sharif) und 110min (Faizabad – Mazar-e-Sharif) keine Option, um einen Patienten in eine

Behandlungseinrichtung höheren Levels mit erweiterten diagnostischen Möglichkeiten zu verlegen, trotz vorliegender primär stabiler kardio-pulmonaler Kreislaufwerte.

Die Wertigkeit der Computertomographie in diesem Zusammenhang ist sehr hoch und mit einer Sensitivität von bis zu 94% und einer Spezifität von bis zu 95% belegt (123). Diese vorgenannten Zahlen zur Computertomographie beziehen sowohl isoliert i.v.-kontrastierte wie auch kombiniert i.v., oral und rektal kontrastierte Untersuchungen ein. Die Computertomographie als vorgeschalteter diagnostischer Schritt ist als eine notwendige Voraussetzung zum Vorgehen als SNOM nach Schuss oder Explosionsverletzung zu sehen. Als Alternative zur CT mit geringster Invasivität ist eine Wundexploration bis auf die Faszie im Bereich der Wunde anzuführen. Im Zweifel muss aber auch diese bis hin zur explorativen, zum Ausschluss durchzuführenden Laparotomie erweitert werden, um die Gefährdung der Patienten zu minimieren. Ausschließlich gestützt auf die Sonographie und konventionelles Röntgen stellt dies im Sinne der Patientensicherheit bei nicht eindeutiger Konstellation der erhobenen Befunde, insbesondere bei unklarer Situation und Möglichkeit von Überwachung und Weiterversorgung, keine Alternative dar und erklärt damit die Rate an negativen Laparotomien. Die Literaturangaben hierfür belaufen sich in eine Range von 6% und 36% (124). Die in der Untersuchung herausgefilterte Zahl an nicht-therapeutischen Laparotomien mit 12% stellt somit einen Wert dar, der unter den Voraussetzungen reduzierter diagnostischer Möglichkeiten als adäquat anzusehen ist.

Die rechnerisch nicht vorhandene Signifikanz in der Auswertung zwischen Schuss- und Explosionsverletzungen trotz doppelter Zahl nicht-therapeutischer Laparotomien ergibt sich aus der niedrigen Zahl an davon betroffenen Patienten.

5.6 Einordnung der Mortalität

Die über die Daten der Untersuchung zu errechnende Gesamtmortalität ist mit 8%, bzw. nach Kohorten differenziert mit 6,3% bei Schussverletzten und 10% bei Explosionsverletzten, im Vergleich zu in der Literatur zum penetrierenden Trauma angegebenen Vergleichszahlen vordergründig als niedrig anzusehen. Diese belaufen sich bis zu 25,9% in den ersten 24 Stunden (2), wobei hier alle penetrierenden

Traumata, auch die des Kopfes impliziert sind, so dass hier ein direkter Vergleich nicht möglich ist.

Alle Vorgaben beinhaltende Untersuchungen (ausschließlich Schuss- und/oder Explosionsverletzungen, penetrierendes Abdominaltrauma als (Teil des) Verletzungsmusters, keine Protektionsausrüstung) mit solch klarer Definition der Kriterien, sind in der Literatur nicht zu finden. Zahlen aus einer Aufarbeitung von Daten des Konfliktes in Syrien 2010 bis 2017, ohne dass Ausschlusskriterien genannt sind, liegen bei 8,2% bezüglich der Mortalität (15) und sind damit als vergleichbar mit den Ergebnissen der Untersuchung des Patientenkollektivs dieser Arbeit anzusehen.

Daten, die auf Schuss- und Explosionsverletzungen im Rahmen des „Global war on terror“ verstorbenen Soldaten und deren Auswertung inklusive der Obduktionsergebnisse basieren, zeigen bezüglich der Gesamtmortalität einen Wert von 16,5% (7) und liegen damit deutlich über dem Wert unserer Untersuchung, wobei hier die vollständigen Heilverläufe erfasst sind. Aussagen über die primäre Mortalität nach initialer Operation werden nicht getroffen. Da es sich um eine Untersuchung des US-Militärs handelte, ist davon auszugehen, dass die Betroffenen in der Mehrzahl mit Protektionsausrüstung geschützt waren.

Bei penetrierenden Traumata mit einer Blutung als primäre und vordergründige Letalitätsursache, ist der Faktor Zeit bis zu einer chirurgischen Erstversorgung als bestimmend anzusehen (125). Aufgrund fehlender Angaben zu Zeiten von Anschlagereignissen bis zum Eintreffen in eine Behandlungseinrichtung in den untersuchten Daten, ist hierzu eine Aussage nicht einzuordnen und kann somit in eine Wertung nicht einbezogen werden. Die Abhängigkeit und Relevanz des Faktors Zeit bis zur chirurgischen Versorgung wird damit allerdings verdeutlicht.

5.7 Differenzierung der Versorgungsstrategie

Die Versorgungsstrategien, nach denen die Patienten des Kollektivs behandelt wurden, beinhalten ETC (50,4%), DCS (40,7%) und SNOM (7,3%). Die Einordnung erfolgte anhand der beschriebenen durchgeführten operativen Prozeduren.

Alle in der Literatur angeführten Möglichkeiten des Umgangs kamen somit zur Anwendung, abgesehen von der Laparoskopie aus den vorgenannten Gründen.

ETC bedeutet in der Praxis eine individualmedizinisch patientenzentrierte, weitestgehende Ausversorgung der Verletzungen bereits in der Erstoperation (126). Dies beinhaltet, zusammengefasst für die Verletzungsmuster, die Anlage primärer Anastomosen, chirurgische Organ- und Gefäßrekonstruktionen und einen primären Abdominalverschluss. Voraussetzung für die Möglichkeit der Anwendung der ETC ist der kardiopulmonal stabile Patient. Dieser Status muss über den gesamten Zeitraum der Operation aufrechterhalten sein. Notwendig, um eine Bewertung dieser Strategie durchführen zu können, ist das Outcome des Patienten über die erste Versorgung und eine eventuelle Stabilisierungsphase hinaus, da sich eine Mortalitätserhöhung durch die Operation zusätzlich zum Trauma in aller Regel erst nach über 48 Stunden nach der operativen Maßnahme zeigt (127). Dieser Aspekt kann über die Daten der Untersuchung nicht abgebildet werden und kann damit in der Gesamteinschätzung kein Ergebnis erbringen. Hinsichtlich der primären Mortalität fallen drei von insgesamt zehn ihren Verletzungen erlegenen Patienten unter die Kategorie der nach ETC-Kriterien versorgten, die Hintergründe bezüglich der genauen Ursache dazu bleiben allerdings ungeklärt.

Bei den nach DCS-Kriterien behandelten Patienten sind fünf Patienten ihren Verletzungen erlegen, was eine Mortalität von 10% innert dieser Kohorte entspricht. Die höhere Mortalität ist auch in diesem Teil der Aufarbeitung der Untersuchung nicht geeignet die Therapiestrategien miteinander zu vergleichen. Allein die Tatsache, eine Entscheidung zur Versorgung nach dieser Strategie durchzuführen, die maßgeblich von den definierten Triggerfaktoren (ISS > 35, hämodynamische Instabilität, Massentransfusion, Acidose, Koagulopathie, Hypothermie, etc.) abhängt, bedeutet, dass von einem schlechteren Ausgangsstatus der jeweiligen Patienten bezüglich des Überlebens ausgegangen werden muss (67). Die Notwendigkeit zur Reduktion auf Blutungs- und Kontaminationskontrolle mit anschließend notwendiger intensivmedizinischer Behandlung zur Stabilisation und Re-Operation im Intervall ist umso höher, je schlechter der Gesamtzustand der Patienten zum Zeitpunkt der Initialbehandlung ist.

Die Zahl an Laparostomaanlagen mit 21% des Gesamtkollektivs und 52% der nach DCS-Kriterien versorgten Patienten, die allesamt mit belassenem Packing erfolgt

waren, stellen die klassische Art der Umsetzung des DCS-Konzeptes dar. Bei 48%, die über die durchgeführten Prozeduren ebenfalls dieser Versorgungsstrategie zuzuordnen waren, wurde das Abdomen primär verschlossen, anders als im klassischen DCS-Konzept vorgesehen (5). Eine Aussage über einen im Intervall erfolgten vollständigen Fascienverschluss bei den Patienten mit Laparostoma, ist aufgrund der fehlenden Follow-up-Daten nicht möglich.

Zusätzlich und gerade vor Hintergrund der Umstände, unter denen die Verletzungen angefallen waren, ist als Versorgungsstrategie die Tactical Abbreviated Surgical Care (TASC) zusätzlich zu nennen (12). Hierbei wird in einer Terror-MASCAL-Situation die therapeutische Entscheidung und das therapeutische Handeln durch eine dynamische Fortführung der Terrorlage bestimmt und damit insbesondere vor dem Gesichtspunkt der Ressourcen, sowohl personell als auch materiell, eine von der DCS (inklusive der Damage Control Orthopedics (DCO)) weiter reduzierte Form therapeutischer Maßnahmen angewandt. Gleicht man TASC mit DCS jeweils für Prozeduren abdominell ab, so ergeben sich für die abdominelle Versorgung faktisch keine Änderungen im operativen Therapieregime, da die DCS bereits auf die notwendigen überlebensrettenden Schritte mit Blutungs- und Kontaminationskontrolle reduziert ist. Essenziell ist, dass die Patienten nach der individuell gemäß Patientenzustand und Gesamtverletzungsmuster besten Versorgungsstrategie versorgt werden, wenn immer dies möglich ist.

5.8 Möglichkeiten der Verbesserung in Aus- und Weiterbildung

Der bestimmende Faktor für die Ausbildung und damit die Vorgabe für die bestmögliche Vorbereitung ist das notwendige operative Spektrum, gepaart mit diagnostischer Fähigkeit und nicht zuletzt eine möglichst große Erfahrung für ein fokussiertes „Decision Making“ seitens der Therapeuten. Diese philosophisch anmutende Aussage suggeriert, dass ein enormer Erfahrungshorizont, eine lange Ausbildung und daraus entwickelter fachlicher Überblick notwendig sind, um einen Patienten mit einer penetrierenden abdominellen Verletzung nach Schuss oder Explosion adäquat versorgen zu können.

Um erneut die Vorgaben der (Muster-)Weiterbildungsordnung der Bundesärztekammer (71) für die chirurgischen Fächer heranzuziehen, sind lediglich für zwei chirurgische Fachdisziplinen, Allgemein- und Viszeralchirurgie, Zahlen für abdominelle Notfalloperationen gefordert. Diese sind nicht mit den in dieser Auswertung beschriebenen Notfalloperationen identisch. In den Katalogen handelt es sich um Beispiele für Notfalleingriffe in der Versorgungschirurgie, die verbunden mit zumeist vorangegangener Maximaldiagnostik fokussiert anzugehen sind. Bei den für ein penetrierendes Abdominaltrauma geltenden Voraussetzungen zeigt sich das Ausmaß der Gewebedestruktion in vielen Fällen erst im Rahmen der Operation. Das Vorgehen muss intraoperativ angepasst werden und eine sich intraoperativ verstärkende Majorblutung ist in vielen Fällen auch für erfahrene Chirurgeninnen und Chirurgen eine Herausforderung.

Folglich ergibt sich daraus die Notwendigkeit eine zielgerichtete Ausbildung zu generieren, die sich fokussiert mit dem Trauma der Körperhöhle, stumpf und penetrierend, beschäftigt und die notwendigen Fähigkeiten vermittelt, um gepaart mit der täglichen Routine die Sicherheit des Handelns zu verbessern (3). Eine Möglichkeit, diesem Anspruch Nachdruck zu verleihen, wäre, notfallchirurgische Prozeduren in die Kataloge der Weiterbildungsordnungen angepasst zu integrieren bzw. diese darum zu erweitern. Dies ist allerdings vor Hintergrund der niedrigen Inzidenzen utopisch.

Stattdessen bietet eine in die Weiterbildungsordnung zu integrierende Weiterbildung im Sektor der Traumachirurgie der Körperhöhlen einen möglichen Weg der Verbesserung.

Grundsätzlich müssen darin drei Kerninhalte vermittelt werden. Zum Ersten ist dies die Kenntnis der möglichen Verletzungsmuster und damit dem damit gekoppelten Gesamtverständnis derselben. Dadurch wird die Grundlage zur Einschätzung eines Patienten entsprechend des detektierten Verletzungsmusters vorbereitet. Sicherlich bedarf es einer Grunderfahrung in der Behandlung von Traumapatienten, um insbesondere bei diesem Punkt einen persönlichen Fortschritt jedes einzelnen erzielen zu können. Dies stellt sich für einen Berufsanfänger nicht als zielgerichtet dar, sondern ist im dritten Drittel der Facharztausbildung als sinnvoll zu erachten. Möglichst viele algorithmisch aufgebaute Inhalte in diesem besonders durch Theorie geprägten Anteil erhöhen die Übertragungsfähigkeit für eine Realsituation und verbessern deutlich die Resilienz (128).

Zum Zweiten bedarf es eines großen Anteils praktischer Beübung und möglichst selbständiger, aber zielgerichtet angeleiteter Durchführung. Allgemein ist die Herangehensweise im täglichen operativen Handeln von Präzision und einem Augenmerk auf kleinste Strukturen, vor allem auch onkologischen Notwendigkeiten und Vorgaben geprägt. Gepaart mit zunehmend minimalinvasiven Techniken bietet dies den Grundstock in der aktuellen zeitgemäßen Ausbildung auf dem Weg zum Facharzt. Dies stellt sich für das Trauma, insbesondere das penetrierende Trauma der Körperhöhlen, anders dar. Daher muss dieser Schritt über zunächst angeleitetes, darauffolgend selbständiges Durchführen von Prozeduren geschaffen werden. Es bleibt die Frage, was dazu als Medium genutzt werden kann, um einen maximalen Erfolg zu erzielen. Zur Verfügung stehen Modelle und Trainer, narkotisierte Tiere zu fokussiertem Life Tissue Training (LTT), Körperspender und als eine Form der Erweiterung letztgenannte mit der Modifikation einer künstlichen Perfusion. Die Mehrzahl von Modellen und Trainern für offenes Operieren sind zum aktuellen Zeitpunkt noch sehr weit von der Realität entfernt, insbesondere was Haptik und Nutzbarkeit für multiple Prozeduren angeht. Sie können aber als ein erster praktischer Ausbildungsschritt verstanden werden. Daran sind Prozeduren, wenn auch realitätsferner, wiederholt angeleitet und selbständig möglich. Die nächsten beiden, im Optimalfall in kurzem Abstand aufeinanderfolgend aufbauenden oder kombiniert durchzuführenden Anteile bestehen in einer Kombination aus LTT und Operation am Körperspender. Durch diese Kombination wird auf der einen Seite das lebendige Tier genutzt, was durch diese Tatsache der größte Motivator bezüglich der Performance darstellt und auch die mentale Anspannung triggert. Damit gehen jedoch auch Nachteile von Nicht-Wiederholbarkeit vieler Maßnahmen und den anatomischen Unterschieden zum menschlichen Körper sowie grundsätzlich alle den Tierschutz und die Ethik betreffenden Aspekte einher. Auf der anderen Seite steht die Nutzung eines Körperspenders, der die reale und operativ zielgerichtete anatomische Struktur bietet, jedoch als totes Gewebe nicht auf durchgeführte Schritte reagiert und ebenfalls keine Wiederholbarkeit zulässt. Sieht man diese beiden Möglichkeiten als eine Funktionseinheit, so kann man unter Nutzung der Synergieeffekte allerdings eine ausreichende praktische Grundlage schaffen. Möchte man dies steigern, bleibt der Schritt zur Nutzung perfundierter Körperspender, die dann Reaktionen auf Maßnahmen im Sinne von Blutungen folgen lassen. Je nach genutzter Technik zur

Perfusion fallen diese jedoch unterschiedlich aus und bieten bei den bisher markt-erhältlichen Systemen kaum Möglichkeit der effektiven Elektrokoagulation. Hinzu kommt, dass die genutzten Lösungen nicht gerinnen, wobei hier eine Entwicklung für die Zukunft nicht abgeschlossen ist. Beurteilt man dies bezüglich des Weiterbildungslevels, auf dem es sinnvoll erscheint mit der Durchführung solcher Ausbildungsschritte zu beginnen, so ergibt sich hier aus meiner Bewertung ein zeitlich zweigeteilter Aufbau: In einer frühen Phase der Facharztausbildung wäre eine „Basisausbildung“ mit modellbasierter Abstützung, am Ende der Facharztausbildung eine kombinierte LTT und Körperspender basierte Ausbildung anzusetzen.

Der dritte Kerninhalt ist die Schaffung eines Mindsets. Dies bedeutet, zu erreichen, dass eine Identifikation jedes Weiterzubildenden mit der Behandlung des Traumas der Körperhöhle geschaffen wird. Dieser Punkt ist der am komplexesten erscheinende, da dies bedeutet, sich auf das Trauma als Therapeut mental einzulassen, die Besonderheiten zu verinnerlichen und wenn notwendig abzurufen. Integrativ könnte dies bei entsprechender fundierter theoretischer Begleitung der vorgenannten Module wegbereitet oder gar erreicht werden.

Führt man diese Konzeptidee fort, so ergibt sich des Weiteren die Forderung nach Wiederholungen. Möchte man ein solches Konzept sinnvoll verankern, bleibt eine Frequenz von drei bis fünf Jahren, in denen ein solch kombiniertes theoretisches und praktisch-operatives Kursmodul wiederholt werden müsste.

5.9 Limitationen

Aufgrund der lokalen Situation in Afghanistan und der teilweise fehlenden Geburtenregistrierung wird im Kontext der erhobenen Daten deutlich, dass eine eindeutige Nachvollziehbarkeit von persönlichen Daten inklusive des Alters im Rahmen einer medizinischen Behandlung unter den beschriebenen Voraussetzungen nur sehr schwer erreicht werden kann und die Validität dieser erhobenen persönlichen Daten daher eingeschränkt ist. Insbesondere nach Anschlags- und Terrorereignissen, wenn Patienten teilweise in ein Auto oder auf ein Motorrad „geladen“ und zur nächsten Behandlungsmöglichkeit oder -einrichtung verbracht worden sind, war die Akquise der

persönlichen Daten deutlich erschwert. Begleiter konnten entweder keine genauen Angaben machen oder gelangten aus Gründen der Sicherheit gar nicht in die Behandlungseinrichtungen, um Informationen weiterzugeben. Namen, die teilweise in unterschiedlichen Schreibweisen dargeboten werden können, erschweren die Zuordnung und weitere Verfolgbarkeit, insbesondere ist dies auch als Folge des weit verbreiteten Analphabetismus zu sehen. Eine Identifikation mittels bei Erstkontakt vergebener und im Rahmen der Weiterbehandlung fortgeführter Patientennummern stellten somit in der Realität die einzig durchführbare Lösung dar, um eine Stringenz und Kontinuität in der Patientendokumentation zu erreichen und wurde in den Bundeswehr-Behandlungseinrichtungen auch in dieser Weise einheitlich durchgeführt. Ebenso eingeschränkt und mit der Problematik der sozialen und edukativen Voraussetzungen in direktem Zusammenhang stehend ist die (langzeitige) Nachverfolgbarkeit der Patienten sowie deren Heilverläufe, wenn diese eine Einrichtung verlassen haben. Behandlungen waren in vielen der Fälle aufgrund der vorgenannten Sicherheitsaspekte nur als Erstbehandlungen möglich, Wiedervorstellungen nur in Ausnahmen planbar, so dass jegliche strukturierte Art von Follow-up nicht erfolgen konnte. Zudem kamen Patienten teilweise aus weiter entfernten Distrikten und wurden von Verwandten aus den Einrichtungen, in die versorgte Patienten postoperativ verlegt worden waren, nach Hause geholt, ohne dass eine erneute Anbindung an die Behandlungseinrichtungen der Bundeswehr hätte erfolgen können.

All die genannten Aspekte erschwerten sowohl die Behandlung vor Ort bezüglich der Ansprüche und Maßstäbe westlicher Medizin und deutschem Stand der „Good Clinical Practice (GCP)“. Diese Aspekte machten in dieser Arbeit eine Auswertung bis zum Abschluss der Heilung unmöglich.

5.10 Fazit

In dieser Arbeit lässt sich ein umfassendes Bild über die Bedeutung des penetrierenden abdominellen Traumas als Folge des Einsatzes von Schusswaffen und nach Explosion aufzeigen. Die damit verbundenen operativen Notwendigkeiten,

basierend auf der Ersteinschätzung und Untersuchung im Rahmen der Schockraumbehandlung inklusive zugehöriger Diagnostik, können davon abgeleitet und dargestellt werden. Die durchgeführte Versorgung wurde in Form der zugrundeliegenden Strategie bis auf die Ebene der Organprozeduren differenziert und verdeutlicht, was wiederum als Vorgabe bezüglich der Voraussetzungen an das notwendige, zu beherrschende operative Spektrum chirurgischer Therapeutinnen und Therapeuten gesehen werden kann. Dies stellt die Basis der Anforderungen für die Aus- und Weiterbildung derselben dar und damit einen Ausblick auf sich gerade für die Zukunft ergebende Notwendigkeiten vor dem Hintergrund der Diskrepanz zu sich immer weiter entwickelnden Spezialisierungen und zunehmend minimalinvasivem Vorgehen in der Routine der chirurgischen Fachdisziplinen.

Im Übertrag auf die Patientenversorgung in Deutschland stellen die Umstände, unter denen die Patienten behandelt wurden, in zwei Punkten ein Extrem dar. Zum einen ergibt sich dies aus der Tatsache, dass die Therapeuten anteilig sehr eingeschränkte diagnostische Mittel zur Verfügung und keinen Zugang zum diagnostischen Standard wie in Deutschland hatten. Des Weiteren war vor Ort eine Möglichkeit zur Unterstützung durch erfahrenere Kolleginnen und Kollegen nicht vorhanden, was in der Einbindung in die militärischen Missionen ISAF und RS der NATO, der damit verbundenen temporär hohen Gefährdungslage mit entsprechenden Kommunikations-einschränkungen, insbesondere nach Anschlagsszenarien in direkter Nähe zu den deutschen Lagern, begründet ist. Es kommt hinzu, dass Methoden, die in Deutschland und im gesamten mitteleuropäischen Raum zum Standard gehören, wie die Laparoskopie, aus den benannten organisatorischen Vorgaben heraus nicht vorhanden waren.

Abgesehen davon bleibt die operative Versorgung von Patienten mit penetrierendem Abdominaltrauma auch in unseren Breiten mit allen vorhandenen materiellen und diagnostischen Möglichkeiten eine anspruchsvolle Tätigkeit, trotz oder gerade wegen der niedrigen Inzidenz. Umso mehr müssen Ausbildungsinhalte simulationsgestützt und kursbasiert vermittelt sowie ggf. verpflichtend in die Weiterbildung integriert werden.

Es gilt in einem Gesamtkonzept Unsicherheiten auszuräumen und die mentale und praktische Vorbereitung auf die Notwendigkeit einer solchen Versorgung stetig weiter zu verbessern.

6. Zusammenfassung

6.1 Einleitung

Das penetrierende Abdominaltrauma nach Schuss oder Explosion ist eine in Mitteleuropa, speziell in Deutschland, sehr seltene Traumaentität. Für die mit Patienten dieses Verletzungsmusters betrauten Therapeutinnen und Therapeuten stellt die Versorgung aufgrund der niedrigen Inzidenz und der folglich im Umgang fehlenden Routine eine große Herausforderung dar. Zudem ist eine Ableitung der Versorgungsstrategie vom stumpfen Trauma, welches im Vergleich in größerer Häufung vorkommt, nicht uneingeschränkt möglich.

In den Fokus gerückt, wurde das hier in Betrachtung stehende Verletzungsmuster durch eine in Mitteleuropa zunehmend präsente terroristische Bedrohung, u. a. basierend auf in den Jahren 2015 und 2016 in unseren Nachbarländern stattgehabten Anschlagsszenarien.

In der Aufarbeitung von Zahlen aus Auslandseinsätzen der Bundeswehr in Afghanistan, die in den Behandlungseinrichtungen versorgte zivile Opfer des Afghanistankonflikts mit penetrierenden Abdominalverletzungen nach Schuss oder Explosion beleuchten, sollen notwendige Operationsstrategien und -maßnahmen dargestellt und ein Weg zur Verbesserung der Aus- und Weiterbildung im Sinne der systematischen Vorbereitung auf eine Versorgung aufgezeigt werden.

6.2 Material und Methoden

Es wurden Patientendaten von zivilen Opfern des Afghanistankonflikts ohne Protektionsausrüstung aus den Jahren 2007 bis 2016 mit penetrierenden abdominellen Schuss- und Explosionsverletzungen hinsichtlich epidemiologischer Daten, Verletzungsmuster, Operationsstrategie bis hin zu Einzelmaßnahmen an Organen aufgeschlüsselt, ausgewertet und statistisch aufgearbeitet. Die Patientenakten, aus denen die Daten extrahiert wurden, sind im WehrMedStatInst Bw hinterlegt.

6.3 Ergebnisse

Es konnten 123 Patienten eingeschlossen werden, von denen 63 durch Schuss und 60 durch eine Explosion verletzt worden waren. Die Datensätze bezüglich der persönlichen Daten waren der Entstehungssituationen des Traumas sowie der sozialen Gesamtumstände geschuldet unvollständig. Die jährliche Zahl versorgter Patienten war bis zum Maximum im Jahr 2011 mit 38 (31%) entsprechend der Eskalation der Gewalt zunehmend und danach wieder rückläufig. Der durchschnittliche ISS lag bei den Schussverletzten bei 23,7 und für Explosionsverletzte bei 30,6 und war damit in der zweiten Gruppe signifikant höher ($p < 0,001$). 91% der Patienten wurden einer operativen Therapie zugeführt. Bei 15 Patienten (12%) wurden nicht-therapeutische Laparotomien durchgeführt, 10 bei Patienten nach Schuss und 5 nach Explosion, wofür jedoch keine Signifikanz abzuleiten war ($p = 0,158$). Die Zahl der verletzten Organsysteme differierte zwischen 0 und 5, wobei bei 67,5% der Patienten 1 oder 2 Organsysteme verletzt waren. Die am häufigsten verletzten Hohlorgane des Gesamtkollektivs waren Dünndarm (35,8%) und Dickdarm (33,3%), bei den soliden Organen handelte es sich um Leber (21,1%) und Milz (12,2%). Grundsätzlich waren Hohlorgane jeweils häufiger bei Schussverletzungen betroffen und solide Organe bei Explosionsverletzungen. Die häufigste am Dünndarm durchgeführte Prozedur war die Excision und Übernähung bei 19 Patienten (41% der Dünndarmläsionen), am Colon war es die Resektion mit primärer Anastomose und protektiver Stomaanlage bei 17 Patienten (41,5% der Colonläsionen). Leberläsionen konnten zu 85,7% (24 von 28 durchgeführten Leberprozeduren) mittels Packing und kompressiver Blutstillung adressiert werden. Bei Verletzungen der Milz (gesamt 15 Patienten) erfolgte in 93,3% der Fälle die Splenektomie. Magenläsionen konnten zu 70% mittels Übernähung behandelt werden. Nierenverletzungen mündeten zu 41,7 % in einer Blutstillung, bei 33,3% erfolgte eine Nephrektomie. Zwerchfellläsionen konnten bei allen 11 Patienten mittels direkter Naht adressiert werden, Pankreasläsionen wurden zu 100% (4 Patienten) durch Übernähung und Drainageanlage behandelt. Läsionen relevanter Gefäße waren zu 81% (9 von 11 Patienten) mittels Übernähung adressierbar. Die Strategie, mit der die Patienten operativ versorgt worden waren, ist zu 40,7% in die DCS, in 50,4% in die ETC einzuordnen. 11 Patienten wurden nicht operativ versorgt. Ein Laparostoma wurde bei 21% der Patienten angelegt. Diese Zahl ist identisch mit

der Zahl an belassenem Packing und temporärem Bauchdeckenverschluss und betraf dieselben Patienten. Die Mortalität lag insgesamt bei 8%, mit 3,2% in Folge von Schuss- und 4,8% in Folge von Explosionsverletzungen, jeweils bezogen auf das Gesamtkollektiv.

6.4 Schlussfolgerung

Um Patienten mit penetrierendem Abdominaltrauma auf dem Boden einer Schuss- oder Explosionsverletzung adäquat behandeln zu können, sind extendierte chirurgische Fähigkeiten kombiniert mit Erfahrung und Expertise bezüglich des Traumas notwendig. In der Auswertung dargestellt wurde ein großer Teil des viszeralchirurgischen Spektrums, anteilig in das der speziellen Viszeralchirurgie hineinreichend, angewandt. Dass dies einen langen Weg der Ausbildung bedeutet, ergibt sich aus dem zu fordernden Kompetenzspektrum, welches aus den Versorgungsumfängen des Patientenkollektivs der Untersuchung abgeleitet werden kann. Um hier eine Verbesserung zu erzielen und die Kenntnis von Theorie und Praxis der Versorgungsspezifika dieser Verletzungsentität zu erweitern, stellt eine verpflichtend zu verankernde, möglichst zweistufige und kursbasierte Ausbildung zur Vermittlung von drei Kerninhalten (Kenntnis der Verletzungsmuster, praktische Fähigkeiten, Mindset) einen Weg für die Zukunft dar. In einem ersten Schritt sollten über modellbasierte Methoden wiederholt durchführbare, praktische Grundfertigkeiten und theoretischen Grundlagen vermittelt werden. Ergänzend dazu muss in einem zweiten Schritt die Fähigkeit über praktische Ausbildung, beispielsweise an Körperspendern und durch LTT, kombiniert mit einer detaillierten theoretischen Auseinandersetzung mit diesem Thema gefestigt werden.

Dieses Vorgehen stellt eine Möglichkeit dar, die Versorgungsfähigkeit durch die chirurgischen Therapeutinnen und Therapeuten systematisch zu verbessern, und diese auf das spezielle Aufgabenfeld vorzubereiten.

7. Literaturverzeichnis

1. Bieler D, Kollig E, Hackenberg L, Rathjen JH, Lefering R, Franke A, et al. Penetrating injuries in Germany - epidemiology, management and outcome an analysis based on the TraumaRegister DGU(R). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2021;29(1):80.
2. Bieler D, Franke AF, Hentsch S, Paffrath T, Willms A, Lefering R, et al. Schuss- und Stichverletzungen in Deutschland – Epidemiologie und Outcome. *Der Unfallchirurg.* 2014;117(11):995-1004.
3. GÜSGEN C, ANGER F, HAUER T, WILLMS A, BUHR HJ, GERMER CT, et al. Fortbildung von Allgemein- und Viszeralchirurgen in der lebensrettenden Notfallchirurgie: Ergebnisse einer Umfrage unter Operationskursteilnehmern. *Der Chirurg.* 2020;91(12):1044-52.
4. Gusgen C, Willms A, Richardsen I, Bieler D, Kollig E, Schwab R. Characteristics and Treatment Strategies for Penetrating Injuries on the Example of Gunshot and Blast Victims without Ballistic Body Armour in Afghanistan (2009 - 2013). *Zentralbl Chir.* 2017;142(4):386-94.
5. Doll D, Müller T, Ruchholtz S, Kühne C. Damage Control – prioritätenorientiertes Behandlungsmanagement schwerstverletzter Patienten. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date.* 2010;5(02):87-96.
6. Blackbourne LH, Czarnik J, Mabry R, Eastridge B, Baer D, Butler F, et al. Decreasing killed in action and died of wounds rates in combat wounded. *J Trauma.* 2010;69 Suppl 1:S1-4.
7. Eastridge BJ, Mabry RL, Seguin P, Cantrell J, Tops T, Uribe P, et al. Death on the battlefield (2001-2011): implications for the future of combat casualty care. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(6 Suppl 5):S431-7.
8. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, Phillips GR, 3rd, Fruchterman TM, Kauder DR, et al. 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma.* 1993;35(3):375-82; discussion 82-3.
9. Aldemir M, Taçyildiz I, Girgin S. Predicting factors for mortality in the penetrating abdominal trauma. *Acta Chir Belg.* 2004;104(4):429-34.
10. Sakran JV, Mehta A, Fransman R, Nathens AB, Joseph B, Kent A, et al. Nationwide trends in mortality following penetrating trauma: Are we up for the challenge? *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery.* 2018;85(1):160 - 6.
11. Kulla M, Maier J, Bieler D, Lefering R, Hentsch S, Lampl L, et al. Zivile Explosionstraumata - ein unterschätztes Problem? *Der Unfallchirurg.* 2016;119(10):843-53.
12. Franke A, Bieler D, Friemert B, Schwab R, Kollig E, Gusgen C. The First Aid and Hospital Treatment of Gunshot and Blast Injuries. *Dtsch Arztebl Int.* 2017;114(14):237-43.
13. Blackbourne LH, Baer DG, Eastridge BJ, Kheirabadi B, Bagley S, Kragh JF, Jr., et al. Military medical revolution: prehospital combat casualty care. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(6 Suppl 5):S372-7.
14. Inaba K, Siboni S, Resnick S, Zhu J, Wong MD, Haltmeier T, et al. Tourniquet use for civilian extremity trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery.* 2015;79(2):232-7.

15. Alsaid B, Alhimyar M, Alnweilaty A, Alhasan E, Sara Sea. Laparotomy Due to War-Related Penetrating Abdominal Trauma in Civilians: Experience From Syria 2011-2017. *Disaster Med Public Health Prep* 2021;Vol. 15 (5): pp. 615-23.
16. Gad MA, Saber A, Farrag S, Shams ME, Ellabban GM. Incidence, patterns, and factors predicting mortality of abdominal injuries in trauma patients. *N Am J Med Sci.* 2012;4(3):129-34.
17. Hartenstein F, Schwab R. Schuss- und Stichverletzungen. (German). *Allgemein und Viszeralchirurgie Up2date.* 2021;15(2):167-84.
18. Hauer T, Grobert S, Gaab J, Huschitt N, Willy C. Explosionstrauma Teil 2: Medizinische Behandlungsprinzipien. *Blast injuries part 2: Principles of medical treatment.* 2022:1-16.
19. Gregory TM, Bihel T, Guigui P, Pierrart J, Bouyer B, Magrino B, et al. Terrorist attacks in Paris: Surgical trauma experience in a referral center. *Injury.* 2016;47(10):2122-6.
20. Sollid SJM, Rimstad R, Rehn M, Nakstad AR, Tomlinson A-E, Strand T, et al. Oslo government district bombing and Utøya island shooting July 22, 2011: The immediate prehospital emergency medical service response. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine.* 2012;20(1):3.
21. Kneubuehl B, Coupland RM, Rothschild MA, Thali MJ. *Wundballistik : Grundlagen und Anwendungen / Beat P. Kneubuehl (Hrsg.), Robin M. Coupland, Markus A. Rothschild, Michael J. Thali. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage ed2008.*
22. Hauer T, Huschitt N, Grobert S, Kneubuehl B, Schmidbauer W. Notfallmedizinische Versorgung von Schuss- und Stichverletzungen: Pathophysiologie – Wundballistik – Grundsätze der Behandlung. *Emergency medical care of gunshot and stab wounds: Pathophysiology, wound ballistics, and principles of treatment.* 2016;19(6):427-41.
23. Neitzel C, Kollig E. Schussverletzungen. In: Neitzel C, Ladehof K, editors. *Taktische Medizin: Notfallmedizin und Einsatzmedizin.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 251-68.
24. Giessler GA, Leopold A, Germann G, Heitmann C. [Blast injuries of the hands. Patterns of trauma and plastic surgical treatment]. *Der Unfallchirurg.* 2006;109(11):956-63.
25. Miller A, Epstein D, Givon A, Steinfeld Y, Korin A, Bodas M, et al. Injuries from civilian under-vehicle improvised explosive devices: an analysis of the Israeli National Trauma Registry during the years 2006-2020. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021.
26. Pepper M, Archer F, Moloney J. Triage in Complex, Coordinated Terrorist Attacks. *Prehosp Disaster Med.* 2019;34(4):442-8.
27. Friemert B, Achatz G, Hoth P, Paffrath T, Franke A, Bieler D. Specificities of terrorist attacks: organisation of the in-hospital patient-flow and treatment strategies. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2020;46(4):673-82.
28. Johann MF, B.; Guttke, A.; Kollig, E., Willy, C. Explosionsverletzungen. *Wehrmedizin und Wehrpharmazie.* 2014;Ausgabe 12 S. 402-7.
29. Hauer T, Grobert S, Wenniges H, Huschitt N, Willy C. Explosionstrauma Teil 1. *Der Unfallchirurg.* 2022;125(2):145-59.
30. Kluger Y, Nimrod A, Biderman P, Mayo A, Sorkin P. The quinary pattern of blast injury. *Am J Disaster Med.* 2007;2(1):21-5.

31. Di Micoli M, Bieler D. Explosionsverletzungen. In: Neitzel C, Ladehof K, editors. Taktische Medizin: Notfallmedizin und Einsatzmedizin. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 269-80.
32. Köhler J, Meyer R, Homburg A. Explosivstoffe / Josef Köhler ; Rudolf Meyer ; Axel Homburg. Zehnte, vollständig überarbeitete Auflage ed: Wiley-VCH Verl.; 2008.
33. Horrocks CL. Blast injuries : biophysics, pathophysiology and management principles / C. L. Horrocks2001.
34. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. 2016.
35. Güsgen C, Willms A, Schwab R. Damage control surgery: Bestandteil der thorakoabdominellen Notfallchirurgie. Trauma Berufskrankh. 2021;21(Suppl 1):80 - 7.
36. American College of Surgeons, Trauma Co. Advanced Trauma Life Support student course manual 10th edition. Chicago: Committee on Trauma, American College of Surgeons; 2018; 2018.
37. Boffard KD. Manual of Definitive Surgical Trauma Care: Incorporating Definitive Anaesthetic Trauma Care (5th edition): CRC Press; 2019.
38. Spahn DR, Cerny V, Coats TJ, Duranteau J, Fernández-Mondéjar E, Gordini G, et al. Management of bleeding following major trauma: a European guideline. Critical Care. 2007;11(1):R17.
39. Abdulrahman Y, Musthafa S, Hakim SY, Nabir S, Qanbar A, Mahmood I, et al. Utility of extended FAST in blunt chest trauma: is it the time to be used in the ATLS algorithm? World J Surg. 2015;39(1):172-8.
40. Nandipati KC, Allamaneni S, Kakarla R, Wong A, Richards N, Satterfield J, et al. Extended focused assessment with sonography for trauma (EFAST) in the diagnosis of pneumothorax: experience at a community based level I trauma center. Injury. 2011;42(5):511-4.
41. Kumar S, Bansal VK, Muduly DK, Sharma P, Misra MC, Chumber S, et al. Accuracy of Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST) in Blunt Trauma Abdomen-A Prospective Study. Indian J Surg. 2015;77(Suppl 2):393-7.
42. Branney SW, Wolfe RE, Moore EE, Albert NP, Heinig M, Mestek M, et al. Quantitative sensitivity of ultrasound in detecting free intraperitoneal fluid. J Trauma. 1995;39(2):375-80.
43. Valentino M, Serra C, Zironi G, De Luca C, Pavlica P, Barozzi L. Blunt abdominal trauma: emergency contrast-enhanced sonography for detection of solid organ injuries. AJR Am J Roentgenol. 2006;186(5):1361-7.
44. Fung Kon Jin PH, van Geene AR, Linnau KF, Jurkovich GJ, Ponsen KJ, Goslings JC. Time factors associated with CT scan usage in trauma patients. Eur J Radiol. 2009;72(1):134-8.
45. Mader MM-D, Rotermund R, Lefering R, Westphal M, Maegele M, Czorlich P, et al. The faster the better? Time to first CT scan after admission in moderate-to-severe traumatic brain injury and its association with mortality. Neurosurgical Review. 2021;44(5):2697-706.
46. Joshi AR, Komwad AL, Joshi SA. Role of CT in Abdominal and Pelvic Trauma. Current Radiology Reports. 2014;2(10):67.
47. Lawson CM, Daley BJ, Ormsby CB, Enderson B. Missed injuries in the era of the trauma scan. J Trauma. 2011;70(2):452-6; discussion 6-8.
48. Chen SA, Wang CY, Hsu CP, Lin JY, Cheng CT, Ouyang CH, et al. The Current Diagnostic Accuracy on Free Peritoneal Fluid in Computed

- Tomography to Determinate the Necessity of Surgery in Blunt Bowel and Mesenteric Trauma-Systemic Review and Meta-Analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(11).
49. Pal JD, Victorino GP. Defining the role of computed tomography in blunt abdominal trauma: use in the hemodynamically stable patient with a depressed level of consciousness. *Arch Surg*. 2002;137(9):1029-32; discussion 32-3.
 50. Hefny AF, Kunhivalappil FT, Matev N, Avila NA, Bashir MO, Abu-Zidan FM. Usefulness of free intraperitoneal air detected by CT scan in diagnosing bowel perforation in blunt trauma: experience from a community-based hospital. *Injury*. 2015;46(1):100-4.
 51. Liu M, Lee CH, P'Eng F K. Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 1993;35(2):267-70.
 52. Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam M, Pohlemann T, Wippermann B, Regel G, et al. Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: a prospective analysis of 291 patients. *J Trauma*. 1992;32(4):452-8.
 53. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*. 1974;14(3):187-96.
 54. Adam N, Sorensen V, Skinner R. Not all intestinal traumatic injuries are the same: A comparison of surgically treated blunt vs. penetrating injuries. *Injury*. 2015;46(1):115-8.
 55. Bogert JN, Harvin JA, Cotton BA. Damage Control Resuscitation. *J Intensive Care Med*. 2016;31(3):177-86.
 56. Lamb CM, MacGoey P, Navarro AP, Brooks AJ. Damage control surgery in the era of damage control resuscitation. *BJA: British Journal of Anaesthesia*. 2014;113(2):242-9.
 57. Bickelmayer J. Versorgungsebenen und Evakuierung von Verwundeten. In: Neitzel C, Ladehof K, editors. *Taktische Medizin: Notfallmedizin und Einsatzmedizin*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012. p. 47-56.
 58. Peev MP, Chang Y, King DR, Yeh DD, Kaafarani H, Fagenholz PJ, et al. Delayed laparotomy after selective non-operative management of penetrating abdominal injuries. *World J Surg*. 2015;39(2):380-6.
 59. Pape H-C, Hildebrand F, Ruchholtz S, Tscherne H. Management des Schwerverletzten / Hans-Christoph Pape, Frank Hildebrand, Steffen Ruchholtz (Hrsg.) ; Mit einem Geleitwort von Prof. Harald Tscherne. [1. Auflage] ed2018.
 60. Oramary D, Al-Sadi O, Blum S, Schaser K, Kleber C. Präklinische Versorgung des Polytraumas. *OP-JOURNAL*. 2019;36:5 - 16.
 61. Ratto N. Early Total Care versus Damage Control: Current Concepts in the Orthopedic Care of Polytrauma Patients. *ISRN Orthopedics*. 2013;2013.
 62. Roberts DJ, Bobrovitz N, Zygun DA, Kirkpatrick AW, Ball CG, Faris PD, et al. Evidence for use of damage control surgery and damage control interventions in civilian trauma patients: a systematic review. *World Journal of Emergency Surgery*. 2021;16(1):10.
 63. O'Malley E, Boyle E, O'Callaghan A, Coffey JC, Walsh SR. Role of laparoscopy in penetrating abdominal trauma: a systematic review. *World J Surg*. 2013;37(1):113-22.

64. Uranues S, Popa DE, Diaconescu B, Schrittwieser R. Laparoscopy in Penetrating Abdominal Trauma. *World Journal of Surgery*. 2015;39(6):1381-8.
65. Li Y, Xiang Y, Wu N, Wu L, Yu Z, Zhang M, et al. A Comparison of Laparoscopy and Laparotomy for the Management of Abdominal Trauma: A Systematic Review and Meta-analysis. *World J Surg*. 2015;39(12):2862-71.
66. Bain K, Meytes V, Chang GC, Timoney MF. Laparoscopy in penetrating abdominal trauma is a safe and effective alternative to laparotomy. *Surg Endosc*. 2019;33(5):1618-25.
67. Timmermans J, Nicol A, Kairinos N, Tejjink J, Prins M, Navsaria P. Predicting mortality in damage control surgery for major abdominal trauma. *S Afr J Surg*. 2010;48(1):6-9.
68. Morrison JJ, Clasper JC, Gibb I, Midwinter M. Management of penetrating abdominal trauma in the conflict environment: the role of computed tomography scanning. *World J Surg*. 2011;35(1):27-33.
69. Goin G, Massalou D, Bege T, Contargyris C, Avaro JP, Pauleau G, et al. Feasibility of selective non-operative management for penetrating abdominal trauma in France. *Journal of Visceral Surgery*. 2017;154(3):167-74.
70. Marek AP, Deisler RF, Sutherland JB, Punjabi G, Portillo A, Krook J, et al. CT scan-detected pneumoperitoneum: an unreliable predictor of intra-abdominal injury in blunt trauma. *Injury*. 2014;45(1):116-21.
71. Bundesärztekammer. (Muster-)Weiterbildungsordnung 2018. 2018.
72. Sektion Intensiv- & Notfallmedizin Schwerverletztenversorgung (NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) & AUC - Akademie der Unfallchirurgie GmbH, TraumaRegister DGU®-Jahresbericht 2019.
73. Prichayudh S, Rassamee P, Sriussadaporn S, Pak-Art R, Sriussadaporn S, Kritayakirana K, et al. Abdominal vascular injuries: Blunt vs. penetrating. *Injury*. 2019;50(1):137-41.
74. Cothren CC, Moore EE, Hoyt DB. The U.S. trauma surgeon's current scope of practice: can we deliver acute care surgery? *J Trauma*. 2008;64(4):955-65; discussion 65-8.
75. Kim PK, Dabrowski GP, Reilly PM, Auerbach S, Kauder DR, Schwab CW. Redefining the future of trauma surgery as a comprehensive trauma and emergency general surgery service. *J Am Coll Surg*. 2004;199(1):96-101.
76. Bowyer MW, Kuhls DA, Haskin D, Sallee RA, Henry SM, Garcia GD, et al. Advanced Surgical Skills for Exposure in Trauma (ASSET): the first 25 courses. *J Surg Res*. 2013;183(2):553-8.
77. CIA. Central Asia: Afghanistan, *The World Factbook: CIA - Central intelligence Agency*; 2022.
78. Calhoun JH, Murray CK, Manring MM. Multidrug-resistant Organisms in Military Wounds from Iraq and Afghanistan. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2008;466(6):1356.
79. www.statista.com. Number of terrorist attacks in Afghanistan from 2007 to 2020 Hamburg: Statista GmbH; 2021 [
80. VD H. The Most Popular Gun in the World. *The New Atlantis*. 2011;Number 32:pp. 140-7.
81. Deng Q, Tang B, Xue C, Liu Y, Liu X, Lv Y, et al. Comparison of the Ability to Predict Mortality between the Injury Severity Score and the New Injury Severity Score: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(8):825.

82. Bala M, Rivkind AI, Zamir G, Hadar T, Gertsenshtein I, Mintz Y, et al. Abdominal trauma after terrorist bombing attacks exhibits a unique pattern of injury. *Ann Surg.* 2008;248(2):303-9.
83. Peleg K, Aharonson-Daniel L, Stein M, Michaelson M, Kluger Y, Simon D, et al. Gunshot and explosion injuries: characteristics, outcomes, and implications for care of terror-related injuries in Israel. *Ann Surg.* 2004;239(3):311-8.
84. Bogner V, Brumann M, Kusmenkov T, Kanz KG, Wierer M, Berger F, et al. Retrospective computation of the ISS in multiple trauma patients: Potential pitfalls and limitations of findings in full body CT scans. *Unfallchirurg.* 2016;119(3):202-8.
85. Nicholas JM, Rix EP, Easley KA, Feliciano DV, Cava RA, Ingram WL, et al. Changing Patterns in the Management of Penetrating Abdominal Trauma: The More Things Change, the More They Stay the Same. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery.* 2003;55(6):1095-110.
86. Arumugam S, Al-Hassani A, El-Menyar A, Abdelrahman H, Parchani A, Peralta R, et al. Frequency, causes and pattern of abdominal trauma: A 4-year descriptive analysis. *J Emerg Trauma Shock.* 2015;8(4):193-8.
87. Johnson JJ, Garwe T, Raines AR, Thurman JB, Carter S, Bender JS, et al. The use of laparoscopy in the diagnosis and treatment of blunt and penetrating abdominal injuries: 10-year experience at a level 1 trauma center. *Am J Surg.* 2013;205(3):317-20; discussion 21.
88. Koganti D, Hazen BJ, Dente CJ, Nguyen J, Gelbard RB. The role of diagnostic laparoscopy for trauma at a high-volume level one center. *Surg Endosc.* 2021;35(6):2667-70.
89. Iflazoglu N, Ureyen O, Oner OZ, Tusat M, Akcal MA. Complications and risk factors for mortality in penetrating abdominal firearm injuries: analysis of 120 cases. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(4):6154-62.
90. Brown CV, Velmahos GC, Neville AL, Rhee P, Salim A, Sangthong B, et al. Hemodynamically "stable" patients with peritonitis after penetrating abdominal trauma: identifying those who are bleeding. *Arch Surg.* 2005;140(8):767-72.
91. Smyth L, Bendinelli C, Lee N, Reeds MG, Loh EJ, Amico F, et al. WSES guidelines on blunt and penetrating bowel injury: diagnosis, investigations, and treatment. *World J Emerg Surg.* 2022;17(1):13.
92. Glasgow SC, Steele SR, Duncan JE, Rasmussen TE. Epidemiology of modern battlefield colorectal trauma: a review of 977 coalition casualties. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(6 Suppl 5):S503-8.
93. Choi WJ. Management of colorectal trauma. *J Korean Soc Coloproctol.* 2011;27(4):166-72.
94. Sharpe JP, Magnotti LJ, Fabian TC, Croce MA. Evolution of the operative management of colon trauma. *Trauma Surgery & Acute Care Open.* 2017;2(1):1 - 7.
95. Ordonez C, Pino L, Badiel M, Sanchez A, Loaiza J, Ramirez O, et al. The 1-2-3 approach to abdominal packing. *World J Surg.* 2012;36(12):2761-6.
96. GÜsgen C, Hauer T, Lock J, Vallböhmer D, Elias K, Germer C-T, et al. Schwerstverletztenversorgung in der Allgemein- und Viszeralchirurgie. *Allgemein- und Viszeralchirurgie up2date.* 2017;11(03):297-317.
97. Kaemmerer D, Daffner W, Niwa M, Kuntze T, Hommann M. Reconstruction of a total avulsion of the hepatic veins and the suprahepatic inferior vena cava secondary to blunt thoracoabdominal trauma. *Langenbecks Arch Surg.* 2011;396(2):261-5.

98. Ordoñez CA, Parra MW, Salamea JC, Puyana JC, Millán M, Badiel M, et al. A comprehensive five-step surgical management approach to penetrating liver injuries that require complex repair. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;75(2):207-11.
99. Ball CG, Dixon E, Kirkpatrick AW, Sutherland FR, Laupland KB, Feliciano DV. A decade of experience with injuries to the gallbladder. *Journal of Trauma Management & Outcomes.* 2010;4(1):3.
100. Thorat A. Management of Hepatobiliary Trauma, Hepatic Surgery. 2013.
101. Nikhinson RA, Chikhachev AM, Maslov SG, Aliev AD. Blunt and penetrating injuries of gallbladder and extrahepatic bile ducts. *Klin Khir.* 1993(3):21-3.
102. Posner MC, Moore EE. Extrahepatic biliary tract injury: operative management plan. *J Trauma.* 1985;25(9):833-7.
103. Spijkerman R, Teuben MPJ, Hoosain F, Taylor LP, Hardcastle TC, Blokhuis TJ, et al. Non-operative management for penetrating splenic trauma: how far can we go to save splenic function? *World J Emerg Surg.* 2017;12:33.
104. Foley PT, Kavnoudias H, Cameron PU, Czarnecki C, Paul E, Lyon SM. Proximal Versus Distal Splenic Artery Embolisation for Blunt Splenic Trauma: What is the Impact on Splenic Immune Function? *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2015;38(5):1143-51.
105. Skattum J, Naess PA, Eken T, Gaarder C. Refining the role of splenic angiographic embolization in high-grade splenic injuries. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74(1):100-3; discussion 3-4.
106. Ransom KJ, Kavac MS. Laparoscopic splenectomy following embolization for blunt trauma. *JSL.* 2008;12(2):202-5.
107. Weinberg JA, Croce MA. Penetrating Injuries to the Stomach, Duodenum, and Small Bowel. *Current Trauma Reports.* 2015;1(2):107-12.
108. Schellenberg M, Inaba K, Bardes JM, O'Brien D, Lam L, Benjamin E, et al. Defining the gastroesophageal junction in trauma: Epidemiology and management of a challenging injury. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017;83(5):798-802.
109. Schubert D, Dalicho S, Flohr L, Benedix F, Lippert H. Management of postoperative complications following esophagectomy. *Der Chirurg.* 2012;83(8):712-8.
110. Erlich T, Kitrey ND. Renal trauma: the current best practice. *Ther Adv Urol.* 2018;10(10):295-303.
111. Hanna WC, Ferri LE, Fata P, Razek T, Mulder DS. The current status of traumatic diaphragmatic injury: lessons learned from 105 patients over 13 years. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(3):1044-8.
112. DeBarros M, Martin MJ. Penetrating Traumatic Diaphragm Injuries. *Current Trauma Reports.* 2015;1(2):92-101.
113. McConkey MO, Temple CL, McFadden S, Temple WJ. Autologous diaphragm reconstruction with the pedicled latissimus dorsi flap. *J Surg Oncol.* 2006;94(3):248-51.
114. Boulanger BR, Milzman DP, Rosati C, Rodriguez A. A comparison of right and left blunt traumatic diaphragmatic rupture. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery.* 1993;35(2):255-60.
115. Viti M, Papis D, Ferraris V, Fiori F, D'Urbano C. Isolated and complete traumatic rupture of the pancreas: A case report and a review of the literature. *Int J Surg Case Rep.* 2012;3(12):590-3.

116. Krige JE, Kotze UK, Nicol AJ, Navsaria PH. Morbidity and mortality after distal pancreatectomy for trauma: a critical appraisal of 107 consecutive patients undergoing resection at a Level 1 Trauma Centre. *Injury*. 2014;45(9):1401-8.
117. Asensio JA, Petrone P, Roldán G, Kuncir E, Demetriades D. Pancreaticoduodenectomy: a rare procedure for the management of complex pancreaticoduodenal injuries. *J Am Coll Surg*. 2003;197(6):937-42.
118. Katoch R, Gambhir R. Warfare Vascular Injuries. *Med J Armed Forces India*. 2010;66(4):338-41.
119. Byerly S, Cheng V, Plotkin A, Matsushima K, Inaba K, Magee GA. Impact of inferior vena cava ligation on mortality in trauma patients. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2019;7(6):793-800.
120. Asensio JA, Berne JD, Chahwan S, Hanpeter D, Demetriades D, Marengo J, et al. Traumatic injury to the superior mesenteric artery. *Am J Surg*. 1999;178(3):235-9.
121. Magu S, Agarwal S, Gill RS. Multi detector computed tomography in the diagnosis of bowel injury. *Indian J Surg*. 2012;74(6):445-50.
122. Majewski W. Diagnostic laparoscopy for the acute abdomen and trauma. *Surgical Endoscopy*. 2000;14(10):930-7.
123. Dreizin D, Munera F. Multidetector CT for Penetrating Torso Trauma: State of the Art. *Radiology*. 2015;277(2):338-55.
124. Schnüriger B, Lam L, Inaba K, Kobayashi L, Barbarino R, Demetriades D. Negative laparotomy in trauma: are we getting better? *Am J Surg*. 2012;78(11):1219-23.
125. Remick KN, Schwab CW, Smith BP, Monshizadeh A, Kim PK, Reilly PM. Defining the optimal time to the operating room may salvage early trauma deaths. *Journal of trauma and acute care surgery*. 2014;76:1251-58.
126. Klüter T, Lippross S, Oestern S, Weuster M, Seekamp A. Operative Versorgungsstrategien von Polytraumapatienten: „Early total care“ vs. „damage control“. *Der Chirurg*. 2013;84(9):759-63.
127. Sauaia A, Moore FA, Moore EE, Moser KS, Brennan R, Read RA, et al. Epidemiology of trauma deaths: a reassessment. *J Trauma*. 1995;38(2):185-93.
128. Arnold-Forster A. Resilience in surgery. *Br J Surg*. 2020;107(4):332-3.

8. Danksagung

9. Lebenslauf