

**Diplomarbeit**

**Evaluierung des präklinischen Equipments  
zur Kontrolle traumatischer Blutungen auf  
Notärzt\*inneneinsatzmittel**

eingereicht von

**Gerald Schützelhofer**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

Univ. OA Priv. Doz. DDr. Paul Zajic, DESA EDIC

und

Univ. FA Dr. med. univ. Michael Eichinger MSc DESAIC

Graz, 07.06.2024

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 07.06.2024

Gerald Schützelhofer eh.

## Danksagung

Zuallererst möchte ich mich recht herzlich bei den Betreuern meiner Diplomarbeit, Herrn Univ. OA Priv. Doz. DDr. Paul Zajic, DESA EDIC und

Herrn Univ. FA Dr. med. univ. Michael Eichinger MSc DESAIC bedanken.

Insbesondere Herrn Dr. Eichinger gilt mein größter Dank für seine einzigartige Unterstützung während des gesamten Prozesses. Seine fachliche Kompetenz sowie seine motivierende Art haben mir nicht nur geholfen, die wissenschaftliche Arbeit besser zu verstehen, sondern dienten auch als Inspiration für meine persönliche Entwicklung. Seine Hingabe und sein Engagement haben mir gezeigt, was es bedeutet, ein herausragender Arzt und Mentor zu sein. Ich bin zutiefst dankbar für seine unermüdliche Hilfe. Danke Michi!

Mein größter Dank gilt meiner Familie, speziell meiner Mutter Bettina. Ohne ihre Unterstützung, egal ob seelisch oder finanziell, wäre ich nicht da, wo ich jetzt bin. Wir haben in den letzten Jahren als Familie viele Höhen und Tiefen erlebt, waren jedoch immer füreinander da. Nichts und niemand kann diese Stütze ersetzen.

*„Ob weit verstreut oder nah beisammen, unsere Herzen sind für immer vereint.“*

Weiters bedanken möchte ich mich bei meiner Freundin Kathi, meinem besten Freund Christian, meinem alten Mitbewohner Sandro, meiner Bibliothek-Lerngruppe und meinen Jungs vom Kärntner Stammtisch, welche die Zeit in Graz so unvergesslich gemacht haben.

Zu guter Letzt bedanke ich mich bei allen weiteren Weggefährten, die meinen bisherigen Werdegang, egal in welcher Form, unterstützt haben. Besonderer Dank gilt meinen Kameraden der Freiwilligen Feuerwehr Puch sowie den Kolleg\*innen vom Roten Kreuz Kärnten an der Bezirksstelle Villach. Die lehrreiche Zeit am Rettungswagen und Notärzt\*inneneinsatzfahrzeug möchte ich nicht missen.

- für Gustav -

# Zusammenfassung

## **Einführung**

Blutungen zählen weltweit nach wie vor zu der häufigsten Todesursache durch Trauma. Extremitätenblutungen sind durch einfache blutstillende Maßnahmen, wie beispielsweise Ausüben von manuellem Druck auf die Wunde, bis hin zur Anlage von Tourniquets leichter beherrschbar als nicht-komprimierbare Torsoblutungen, welche präklinisch ein großes Problem darstellen. Einige Maßnahmen, wie die Anlage eines Beckengurt oder die Gabe von Tranexamsäure können idealerweise derartige Blutungen verzögern. In Österreich gibt es zahlreiche Notärzt\*innen-Einsatzmittel, jedoch von unterschiedlichen Betreiber\*innen und es ist unklar, ob und in welchem Ausmaß die für die Versorgung empfohlenen Materialien vorhanden sind.

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es herauszufinden welche Materialien in Österreich an ganzjährigen Notärzt\*inneneinsatzmitteln zur Versorgung traumatischer Blutungen mitgeführt werden und diese mit aktuellen Empfehlungen zu vergleichen.

## **Methodik**

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde ein Online-Fragebogen erstellt, welcher von den Österreichischen Rettungsorganisationen, die ein ganzjähriges Notärzt\*inneneinsatzmittel betreiben, freigegeben und anschließend von den jeweiligen Systemverantwortlichen Kolleg\*innen ausgefüllt wurde.

In weiterer Folge wurden diese Ergebnisse mit aktuellen und in Europa geltenden Richtlinien verglichen, um eine Aussage über die Verfügbarkeit der Materialien treffen zu können.

## **Ergebnisse**

Von insgesamt 139 kontaktierten Stützpunkten in Österreich erhielten wir Rückmeldungen von 133, was einer Rücklaufquote von 96% entspricht. Die Ergebnisse dieser Rückmeldungen zeigen, dass die Grundausstattung für eine traumatische Blutstillung auf jedem der evaluierten Notärzt\*inneneinsatzfahrzeuge vorhanden ist. Jedoch sind spezielle Materialien für invasive Maßnahmen wie die Clamshell-Thorakotomie oder das REBOA-System weniger verbreitet, was vermutlich auf die selteneren Anwendungsfälle sowie die speziellen erforderlichen Fertigkeiten zurückzuführen ist. Blutprodukte befinden sich aktuell auf keinem der evaluierten Einsatzmittel in Österreich.

## **Schlussfolgerung**

Die Auswertung der österreichischen Notärzt\*inneneinsatzmittel zeigt, dass diese im Allgemeinen gut für Trauma-Einsätze ausgestattet sind. Trotz einzelner Abweichungen zwischen den Bundesländern spielen diese bei der Versorgung der Patient\*innen keine entscheidende Rolle.

Weiters verdeutlicht die durchgeführte Evaluierung die Bedeutung einer kontinuierlichen Überprüfung und Anpassung der präklinischen Versorgungsausrüstung. Dies ist ein wichtiger Faktor, um den Herausforderungen bei schwerwiegenden Traumaverletzungen kontinuierlich gerecht zu werden.

Dieser Prozess sollte regelmäßig durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Rettungsdienste stets mit den aktuellsten Standards und Technologien arbeiten können, um bestmögliche Ergebnisse für die Patient\*innen zu erzielen und die Qualität der Notfallversorgung weiter zu verbessern.

## Abstract

Bleeding remains the leading cause of death worldwide from trauma. Extremity bleeding is more easily managed through simple haemostatic measures, such as applying manual pressure to the wound or applying tourniquets, compared to non-compressible torso bleeding, which poses a significant prehospital challenge. Certain measures, such as applying a pelvic binder, administering tranexamic acid, or splinting long bones, ideally help delay such bleeding.

This thesis aims to identify which equipment is available on Austrian physician response units to treat such injuries appropriately and compare these results with recent recommendations.

Out of 139 contacted bases in Austria, we received responses from 133, resulting in a response rate of 96%. These responses indicate that the basic equipment for traumatic haemorrhage control is present in each evaluated physician response. However, specialized materials for invasive procedures such as clamshell thoracotomy or the REBOA (Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta) system are less common, likely due to their less frequent application and the specialized skills required.

Due to regular updates in guidelines and evidence, it is necessary to update equipment, especially for managing critical bleedings, where prehospital interventions can make a difference in outcomes.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	I
Danksagung .....	II
Zusammenfassung .....	III
Abstract .....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	IX
Abbildungsverzeichnis .....	X
Tabellenverzeichnis .....	XI
1. Einleitung .....	1
1.1. Traumatische Blutungen .....	1
1.1.1. Epidemiologie und Verteilung .....	1
1.1.2. Ätiologie .....	1
1.1.2.1. Stumpfes Trauma .....	1
1.1.2.2. Penetrierendes Trauma .....	2
1.2. Blutstillung in der Präklinik .....	2
1.2.1. Komprimierbare Blutungen .....	2
1.2.1.1. Israeli-Bandage .....	3
1.2.1.2. Tourniquet-System .....	4
1.2.2. Nicht-komprimierbare Blutungen .....	5
1.2.2.1. Hämostatische Gaze .....	5
1.1.1.1. Beckengurt .....	6
1.1.1.2. „Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta“ (REBOA) .....	7
1.1.1.3. Prähospitaler Notfallthorakotomie .....	8

1.1.1.	Medikamentöse Therapie .....	9
1.1.1.1.	Tranexamsäure (TXA) .....	10
1.1.1.2.	Calcium .....	11
1.1.2.	Volumensubstitution .....	12
1.1.2.1.	Kristalloide Infusionen .....	13
1.1.2.2.	Kolloidale Infusionen .....	13
1.1.2.3.	Blutprodukte .....	14
1.2.	Physiologie und Störungen der Blutgerinnung.....	15
1.2.1.	Einführung .....	15
1.2.2.	Zellulärer Prozess der Blutgerinnung .....	16
1.2.3.	Trauma-induzierte Koagulopathie (TIK).....	17
1.2.4.	Der hämorrhagische Schock .....	19
1.3.	Präklinisches Trauma Management .....	20
1.3.1.	Zeitmanagement bei traumatischen Verletzungen .....	20
1.3.2.	Strukturierte Versorgung von Schwerverletzten .....	21
1.3.3.	Weitere Präklinische Beurteilungsschemata .....	23
2.	Material und Methodik.....	24
2.1.	Studiendesign .....	24
2.2.	Ethik.....	24
2.3.	Datenerhebung .....	24
2.4.	Datenverwaltung .....	25
2.5.	Aufbau Fragebogen .....	25
3.	Ergebnisse .....	27
3.1.	Empfehlungstabelle .....	29
3.2.	Organisation .....	30
3.3.	Bundesland.....	32

3.4.	Einsatzmittel .....	33
3.5.	Beckengurt .....	33
3.6.	Manuelle Blutstillung.....	34
3.7.	Calcium.....	35
3.8.	Tranexamsäure (TXA) .....	36
3.9.	Kristalloide Infusionslösungen .....	37
3.10.	Kolloidale Infusionslösungen.....	38
3.11.	Blutprodukte .....	39
3.12.	Subjektive Zufriedenheit.....	40
4.	Diskussion.....	42
4.1.	Antworten auf die Forschungsfrage .....	42
4.2.	Vergleichende Erläuterungen .....	43
4.3.	Schlussfolgerungen .....	43
4.4.	Kritische Reflexion/Einschränkungen zu Inhalt und Methode .....	44
4.5.	Implikationen für Theorie und Praxis .....	45
4.6.	Ausblick und Anregungen für weiterführende Arbeiten.....	46
5.	Literaturverzeichnis .....	48
6.	Anhang.....	52

## Abkürzungsverzeichnis

bzw. *beziehungsweise*

DGU *Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie*

DO<sub>2</sub> *Systemische Sauerstoffzufuhr*

EK *Erythrozytenkonzentrat*

ERC *European Resuscitation Council*

FFP *Fresh frozen plasma*

g *Gramm*

g/dl *Gramm pro Deziliter*

GCS *Glasgow coma scale*

ggf. *gegebenenfalls*

HAES *Hydroxyethylstärke*

Hb *Hämoglobin*

HWS *Halswirbelsäule*

kg *Kilogramm*

l/min *Liter pro Minute*

MAP *mittlerer arterieller Blutdruck*

mg/dl *Milligramm pro Deziliter*

ml *Milliliter*

mmHg *Millimeter-Quecksilbersäule*

mmol/L *Millimol pro Liter*

NaCl *Natriumchlorid*

NAW *Notarzt\*innenwagen*

NEF *Notarzt\*inneneinsatzfahrzeug*

ÖRK *Österreichisches Rotes Kreuz*

REBOA *Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta*

RRsys *systolischer Blutdruck*

RTH *Rettungshubschrauber*

TIK *Trauma-induzierte Koagulopathie*

TXA *Tranexamsäure*

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: "DDIT"-Schema als aufbauende Merkhilfe für Maßnahmen zur Blutungskontrolle von komprimierbaren Blutungen [6] .....	3
Abbildung 2: "Diamond of death", beschreibt vier lebensbedrohliche Zustände die zu erhöhter Mortalität bei Traumapatient*innen führen [18] .....	9
Abbildung 3: Wirkmechanismus von TXA [19].....	10
Abbildung 4: Mögliche Phänotypen der Trauma-induzierten Koagulopathie von Moore et al. [25] .....	18
Abbildung 5: Übersichtskarte der kontaktierten Notärzt*innenstützpunkte in Österreich.....	28
Abbildung 6: Ergebnisse der Evaluierung. Grün markierte Bundesländer: vollständig, rot markierte Bundesländer: unvollständig .....	28
Abbildung 7: Organisationsbezogene Anzahl der Rückmeldungen als Tortendiagramm .....	30
Abbildung 8: Demographische Daten der Umfrage als Tortendiagramm .....	31
Abbildung 9: Anzahl der Stützpunkte pro Bundesland, alphabetisch gereiht .....	32
Abbildung 10: Aufteilung der evaluierten Einsatzmittel in die 3 möglichen Kategorien.....	33
Abbildung 11: Auflistung der mitgeführten Beckengurte.....	33
Abbildung 12: Stückzahlen der mitgeführten Materialien zur manuellen Blutstillung .....	34
Abbildung 13: Calciummitführung der evaluierten Stützpunkte .....	35
Abbildung 14: Anzahl der mitgeführten Ampullen von Tranexamsäure.....	36
Abbildung 15: Häufigkeit und Art der mitgeführten kristalloiden Infusionslösungen .....	37
Abbildung 16: Häufigkeit und Art der mitgeführten kolloidalen Infusionslösungen	38
Abbildung 17: Häufigkeit und Art der mitgeführten Blutprodukte .....	39
Abbildung 18: Angaben der subjektiven Zufriedenheit der Verantwortlichen Kolleg*innen .....	40
Abbildung 19: Grafische Darstellung der gewünschten Material-Kategorien.....	41

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Empfehlungstabelle der mitgeführten Materialien auf österreichischen Notärzt*inneneinsatzmittel.....	29
Tabelle 2: Zusammenfassung der befragten Notärzt*inneneinsatzmitteln und Rücklaufquote des Fragebogens.....	31
Tabelle 3: Auflistung gewünschter Materialien von den Systemverantwortlichen Kolleg*innen .....	41

# 1. Einleitung

## 1.1. Traumatische Blutungen

### 1.1.1. Epidemiologie und Verteilung

Traumatische Blutungen, verursacht durch Gewalteinwirkung auf den Körper von außen, können in kurzer Zeit die Vitalfunktionen beeinträchtigen und zu einem lebensbedrohlichen Zustand führen. Trauma zählt weltweit zur häufigsten Todesursache von Personen unter 40 Jahren und stellt damit nicht nur epidemiologisch sondern auch gesundheitspolitisch Systeme unter Druck [1]. Für Extremitätenblutungen, welche generell als komprimierbar gelten, gibt es einfach anwendbare Strategien, um Patient\*innen vor einem massiven Blutverlust zu schützen. Für innere Blutungen, speziell prähospital meist nicht komprimierbare des Torso, steht die rasche Transportpriorität an oberster Stelle, da eine zeitnahe chirurgische Intervention in einem adäquaten Traumazentrum die Überlebenschancen deutlich erhöht. Laut dem aktuellen Trauma Bericht der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) wurden in Europa im Jahr 2021 in den 700 teilnehmenden Kliniken etwa 28.500 Polytrauma-Patient\*innen behandelt. Der Altersdurchschnitt bei diesen Patient\*innen lag bei 52 Jahren, wovon 70% männlich waren. Bei den Verletzungstypen erkennt man europaweit eine deutliche Häufigkeit von stumpfen Verletzungen mit 96% im Gegensatz zu penetrierenden Verletzungen mit ca. 4%. In Amerika findet sich im Vergleich eine umgekehrte Verteilung, wo penetrierende Wunden (Schuss- und Stichverletzungen) eine Häufigkeit zwischen 50 und 90% einnehmen. [2,3]

### 1.1.2. Ätiologie

#### 1.1.2.1. Stumpfes Trauma

Unter einem stumpfen Trauma versteht man Verletzungen durch nicht perforierende Gewalteinwirkung, welche mit einer ausgedehnten Gewebsverletzung einhergehen.

Oftmals ist diese Art von Trauma nur anhand von äußeren und oberflächlichen Verletzungen, wie zum Beispiel Hämatomen oder Abschürfungen, erkennbar. Entstehungsmechanismen von stumpfen Traumen sind einerseits die direkte Gewalteinwirkung und andererseits die Dezeleration, welche häufig zu Rupturen der parenchymatösen Organe führen und somit eine innere Blutung verursachen können. Typische Ursachen dafür sind Verkehrs- und Freizeitunfälle, sowie Stürze aus großer Höhe oder auch Gewaltdelikte. [2]

#### 1.1.2.2. Penetrierendes Trauma

Bei einem penetrierenden Trauma kommt es zu einer punktuellen Gewalteinwirkung, welche eindringende beziehungsweise durchstoßende Verletzungen verursacht. Dabei wird mittels eines stumpfen oder spitzen Gegenstandes die Haut durchdrungen, darunterliegende Gewebsschichten verletzt und somit potenziell auch Körperhöhlen eröffnet. Große Blutverluste sind besonders bei Verletzung großer Blutgefäße oder des Herzens in kürzester Zeit möglich. Ursachen hierfür sind Stich-, Schnitt- oder Schussverletzungen sowie die Pfählung durch einen Fremdkörper. [2,4]

## 1.2. Blutstillung in der Präklinik

### 1.2.1. Komprimierbare Blutungen

Für äußere Extremitätenblutungen gibt es schnelle und einfache Therapiestrategien, die auch von Ersthelfern angewendet werden können. Dazu zählt der manuelle Druck auf eine blutende Wunde. Laut der aktuellen Ausgabe der S3-Leitlinie Polytrauma und Schwerverletztenversorgung der DGU sollen „stark blutende Verletzungen, welche die Vitalfunktionen beeinträchtigen können, mit Priorität versorgt werden“ [5]. Durch die direkte und manuelle Kompression der arteriellen Blutgefäße, wird ein weiterer Blutverlust verringert bzw. verhindert und kann somit wichtige Zeit bis zur Durchführung anderer blutstillender Maßnahmen überbrücken.

Eine weitere Möglichkeit ist beispielsweise die Anlage eines suffizienten Druckverbandes, wobei mittels saugfähiger Kompresse und einem Druckpolster die Wunde unter Spannung komprimiert wird. Zum leichteren Management von starken Extremitätenblutungen gibt es als Hilfestellung das „DDIT-Schema“ aus dem „Anaesthesia, Trauma and Critical Care Course Manual“: [6]

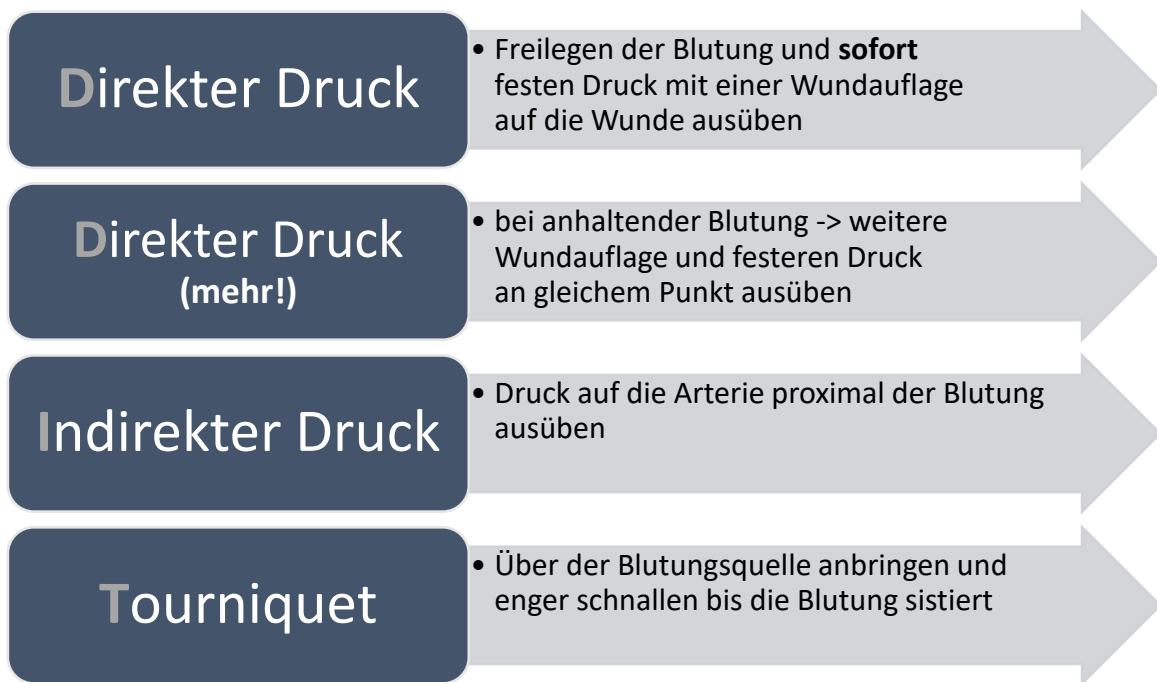


Abbildung 1: "DDIT"-Schema als aufbauende Merkhilfe für Maßnahmen zur Blutungskontrolle von komprimierbaren Blutungen [6]

#### 1.2.1.1. Israeli-Bandage

Die Israeli-Bandage, auch „Emergency Bandage“ genannt, ist eine industriell vorgefertigte Form des Druckverbandes. Sie kommt aus dem Bereich der Taktischen Medizin und wird schon seit vielen Jahren von verschiedenen Militärorganisationen weltweit verwendet. Ihre Einzelteile sind in einer sterilen Verpackung vereint und umfassen eine sterile Wundauflage, kombiniert mit einem Druckpolster und einer elastischen Binde.

Zusätzlich gibt es einen Haken als Umlenkungspunkt, welcher es ermöglicht, durch Änderung der Zugrichtung, einen zusätzlichen Druck auf die Wunde auszuüben. Diese einfache und zuverlässige Methode erlaubt eine schnelle und effektive Blutungskontrolle, durch den direkten Druck auf die blutende Wunde sowie auch einen Tourniquet-ähnlichen Effekt, abhängig vom angewendeten Druck. [7]

#### 1.2.1.2. Tourniquet-System

Wenn eine Extremitätenblutung nicht durch manuelle Kompression oder einen Druckverband beherrschbar ist, wird durch die „European Guideline on Management of Major Bleeding and Coagulopathy following Trauma“ sowie in der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung, die Anlage eines Tourniquets empfohlen [4,5]. Dieses System sollte eine Handbreite proximal der Wunde, auf nackter Haut und nicht über Gelenken oder Frakturen, angelegt werden. Die prähospitalen Verwendung zeigt bei vorheriger Anlage eines Tourniquets einen erhöhten systolischen Blutdruck bei Eintreffen des Rettungsdienstes, einen geringeren Bedarf an Blutprodukten sowie weniger Komplikationen der betroffenen Extremität. Die Überlebensrate sowie das Langzeit-Outcome der Trauma-Patient\*innen werden durch die rechtzeitige Anlage des Tourniquets verbessert. [8]

Wenn kein Tourniquet-System vorhanden ist, kann als Alternative eine handelsübliche Blutdruckmanschette verwendet werden. Dabei wird eine Anlage mit 250 mmHg am Oberarm sowie 400 mmHg am Oberschenkel zur Blutstillung empfohlen [9]. Tourniquets sollten so lange angelegt bleiben, bis eine adäquate chirurgische Blutungskontrolle durchgeführt werden kann. Trotzdem wird empfohlen, die Zeit bis zur Entfernung so kurz wie möglich zu halten, um etwaige Komplikationen wie zum Beispiel Nervenverletzungen zu verhindern. [4]

## 1.2.2. Nicht-komprimierbare Blutungen

Aktive Blutungen, welche nicht sofort sichtbar sind, stellen eine große Bedrohung für präklinische Patient\*innen dar, da sie in die Körperhöhlen einbluten können und in der prähospitalen Phase ohne Interventionen oft unzugänglich sind. Je länger eine unkontrollierte Blutung andauert, desto höher ist die Letalität. Die vier wichtigsten Blutungsräume können durch die „4B's“ beschrieben werden:

**B**rusthöhle (Thorax), **B**auchhöhle (Abdomen), **B**ecken (inklusive Retroperitoneum) sowie **B**ones (entlang der langen proximalen Röhrenknochen). Bei intraabdominellen Verletzungen beispielsweise steigt die Letalität in den ersten 90 Minuten um 1% alle 3 Minuten. [5]

Im englischsprachigen Raum wird der Leitsatz „blood on the floor, plus four more“ verwendet, um auf die oben genannten Blutungsräume inklusive der sichtbaren Blutmenge am Boden hinzuweisen [10].

Da noch nicht alle Rettungsmittel mit mobilen Bildgebungsverfahren, wie zum Beispiel einem mobilen Ultraschallgerät, ausgestattet sind, profitieren Trauma-Patient\*innen von einem raschen Transport in ein geeignetes Krankenhaus sowie einer schnell durchgeführten und zielgerichteten Bildgebung.

### 1.2.2.1. Hämostatische Gaze

Die als „Hämostyptika“ bezeichneten Substanzen, kommen ursprünglich aus dem militärischen Bereich und finden auf immer mehr Notärzt\*inneneinsatzmitteln Einzug. Sie fördern durch verschiedene Wirkmechanismen die lokale Blutgerinnung und werden direkt am Wundgrund angewendet. Laut der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung sollten sie idealerweise frühzeitig gemeinsam mit einem Kompressionsverband verwendet werden [5].

Aktuell lassen sie sich in 4 Wirkstoffgruppen unterteilen: Zeolith, Kaolin, Chitosan und Zellulose. In Österreich findet man auf den Notärzt\*inneneinsatzmitteln häufig eine neuere Art der Hämostyptika (WoundClot®), basierend auf Zellulose, welche als Wundwatte appliziert wird und bei Kontakt mit Blut die Flüssigkeit absorbiert und in ein Gel umwandelt.

Dabei werden die Viskosität des Blutes erhöht, Gerinnungsfaktoren aktiviert und durch die Anpassung an die Wundhöhle Druck auf die verletzten Gefäße und das umliegende Gewebe ausgeübt. [11]

Das Produkt kann bis zu 3500% seiner Größe und seines Gewichts an Flüssigkeit aufnehmen. Die maximale Verweildauer in der Wunde sollte 36 Stunden nicht überschreiten, da die aktive Absorbierung danach nicht mehr gewährleistet ist. [12] Gemäß der S3-Leitlinie zur Behandlung von Polytrauma/Schwererletzungen gibt es aktuell die beste Evidenzlage zur Wirksamkeit von Produkten auf Basis von Chitosan [5].

#### 1.1.1.1. Beckengurt

Im Vergleich zu Extremitätenblutungen sind innere Blutungen aufgrund von Beckenverletzungen schwer zu erkennen, zu therapieren und daher mit einer hohen Mortalität verbunden [13]. Die Hauptursache für Beckenverletzungen sind Verkehrsunfälle. An erster Stelle sind hierbei Motorradunfälle, welche ca. 60% der Beckenfrakturen verursachen, gefolgt von Stürzen aus großer Höhe mit ca. 23% [4]. Laut der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwererletzten-Behandlung, sollte das Becken während der Prähospitalphase klinisch untersucht werden. Dabei sollte auf äußere Verletzungen und Spontan- sowie Druckschmerzen bei Palpation geachtet werden [5]. Zur Beurteilung kann als Hilfestellung das KISS-Schema herangezogen werden. Dabei werden folgende Punkte beurteilt: **K**inematik, **I**nspektion, **S**chmerzen und **S**tabilisation. Die manuelle Stabilitätsuntersuchung des Beckens wird nicht mehr empfohlen, da sie eine geringe Sensitivität und Spezifität aufweist und durch die Manipulation eine weitere Blutung verursachen könnte. [13]

Die Indikation zur prähospitalen Verwendung einer Beckenschlinge sollte großzügig gestellt werden, um eine mögliche hämodynamische Instabilität als Folgekomplikation zu vermeiden. Die ideale Wirkung hat die Beckenschlinge, wenn zuerst die Beine der Patient\*innen leicht innenrotiert werden und die Schlinge auf Höhe der Trochanteres majores angelegt wird.

Zusätzlich sollen die Patient\*innen auf einer Vakuummatratze gelagert und immobilisiert werden, um so die Erfolgsquote der Schlinge zu steigern. Die Effektivität der Maßnahme hängt sehr stark von der korrekten Anwendung ab. [11] Das Ziel dahinter ist bei Patient\*innen mit Verdacht auf eine Beckenringverletzung, durch Kompression von außen, die mechanische Stabilität wiederherzustellen, das innere Beckenvolumen zu verkleinern und somit bestenfalls eine Tamponade zu erwirken, wodurch eine vermutete Blutung gestoppt oder zumindest verlangsamt werden kann [14].

#### 1.1.1.2. „Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta“ (REBOA)

Bei diesem endovaskulären Verfahren wird ein Blockballon per Leistenzugang in die Aorta eingeführt. Ziel ist es einerseits eine Blutung, welche distal des Ballons liegt zu verringern bzw. zu stoppen um somit ein Verbluten von Patient\*innen zu verhindern. Andererseits wird dadurch bei bereits hypovolämen Traumapatient\*innen der koronare Blutfluss durch die Nachlasterhöhung größer und die Schäden der systemischen Minderperfusion am Herzen verringert. Für die REBOA-Anlage gibt es verschiedene Bereiche (Zonen 0 bis 3), die auch als „Landezonen“ bezeichnet werden, an welchen der Ballon indiziert bzw. kontraindiziert ist. Zone 1 ist definiert als Bereich vom Abgang der Arteria Subclavia links bis zum Truncus coeliacus und beispielsweise indiziert bei thorakalen oder abdominellen Schuss- und Stichverletzungen. Zone 3 ist der Bereich vom Abgang der Nierenarterien bis zur Aortenbifurkation und indiziert bei traumatischen Blutungen im Beckenbereich. Ziel dieser stets nur überbrückenden Option ist somit die kardiale Stabilisierung sowie die Verbesserung der zerebralen Oxygenierung von hämodynamisch instabilen Patient\*innen bis zur chirurgischen Versorgung. Diese Methode stellt eine weniger invasive Alternative zur Notfallthorakotomie bei nicht-komprimierbaren Blutungen im Bauch- und Beckenraum dar und erhöht auch die Überlebensrate gegenüber der Thorakotomie bei vergleichbarer Verletzungsschwere laut retrospektiven Analysen.

Durch den Einsatz von REBOA konnte der zentrale systolische Blutdruck, bei polytraumatisierten Patient\*innen mit hämorrhagischem Schock, um durchschnittlich 80 mmHg gesteigert werden. [15]

Um REBOA sicher und schnell anzuwenden, sind fachliche Expertise und regelmäßiges Training unabdingbar. In der aktuellen S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung erhält die Methode, bei Anwendung an kreislaufinstabilen Patient\*innen in extremis, nur einen geringen Empfehlungsgrad [5]. In der neuesten „UK-REBOA“ Studie wurde belegt, dass bei stark blutenden Traumapatient\*innen eine Standardversorgung im Krankenhaus mit zusätzlicher REBOA-Anlage keine Reduzierung der Mortalität bewirkt, sondern sie im Vergleich zur alleinigen standardmäßigen Versorgung sogar erhöhen kann. [16]

#### 1.1.1.3. Prähospitaler Notfallthorakotomie

Die Notfallthorakotomie spielte im deutschsprachigen Raum lange Zeit eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 2015 erschien in den Leitlinien des European Resuscitation Council (ERC) erstmals ein Algorithmus zum traumatischen Herz-Kreislaufstillstand, welcher die Diskussionen dazu anheizte. Eingesetzt zur notfallmäßigen Therapie einer traumatisch bedingten, penetrierenden Thoraxverletzung, gibt es hierfür verschiedene Techniken. In den letzten Jahren hat sich die als „Clamshell-Thorakotomie“ bezeichnete Technik etabliert, welche einfach zu erlernen ist und eine schnell durchführbare Prozedur darstellt. Für eine präklinische Durchführung werden mindestens ein Skalpell, eine stabile Kleiderschere sowie eine chirurgische Schere benötigt. [17]

Einige Notärzt\*inneneinsatzmittel in Österreich führen spezielle Thorakotomie-Sets mit. Laut dem aktuellen Trauma Bericht der DGU wurden seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 2020, 70 präklinische Thorakotomien durchgeführt. [3]

### 1.1.1. Medikamentöse Therapie

Bei Polytraumatisierten sollten 2 großlumige Venenwege, möglichst zentral, appliziert werden. Sollte dies nicht gelingen, so wird empfohlen einen intraossären Zugang zur Infusions- und Medikamententherapie zu legen.

Diese beiden Methoden werden von der aktuellen S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung mit höchstem Empfehlungsgrad angeführt. [5]

Die Ziele der antihämorrhagischen Therapie sind klar definiert: eine aktive Blutung muss gestoppt, das zirkulierende Blutvolumen wiederhergestellt werden zur ausreichenden Gewebepfusion und Sauerstoffversorgung, die Hämostase muss Aufrechterhalten und regelmäßig überwacht werden um den sogenannten „Diamond of death“ zu verhindern. Dieser beschreibt die vier Hauptkomponenten, welche bei Vorliegen zur gesteigerten Mortalität von Traumapatient\*innen mit Hämorrhagie beitragen: Azidose, Hypokalziämie, Hypothermie und Koagulopathie. [18]

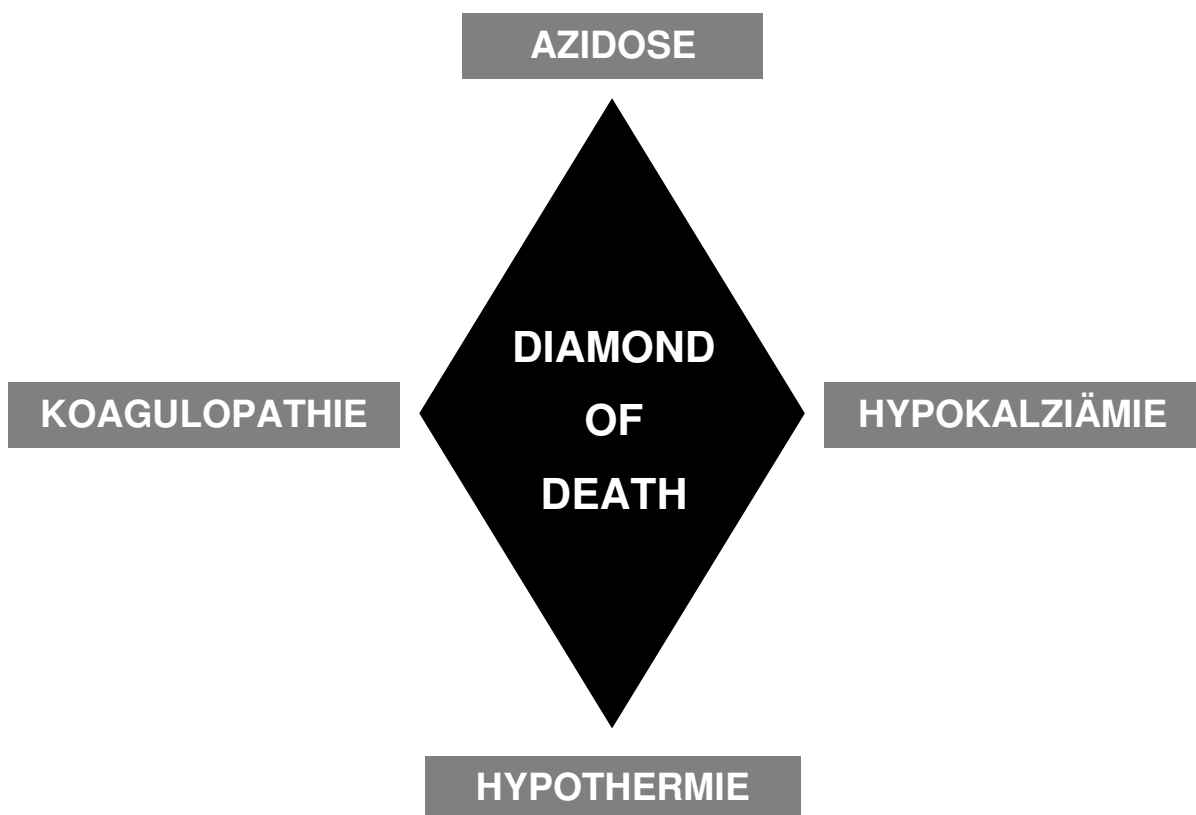


Abbildung 2: "Diamond of death", beschreibt vier lebensbedrohliche Zustände die zu erhöhter Mortalität bei Traumapatient\*innen führen [18]

### 1.1.1.1. Tranexamsäure (TXA)

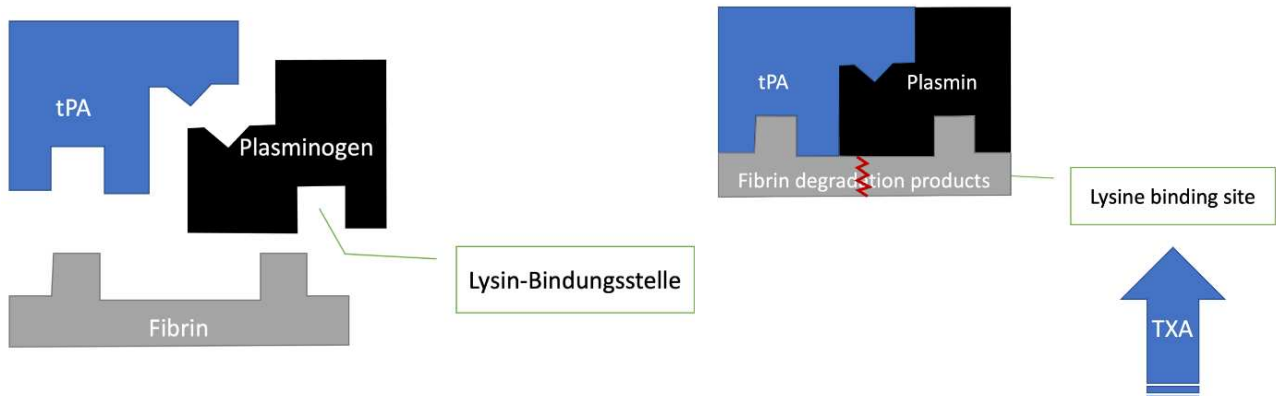


Abbildung 3: Wirkmechanismus von TXA [19]

Tranexamsäure ist ein synthetisch hergestelltes Derivat der Aminosäure Lysin, das an der Lysin-Bindungsstelle von Plasminogen andockt und somit die Fibrinolyse hemmt. Aufgrund ihres Wirkmechanismus (siehe Abbildung 3) agiert sie hauptsächlich als Antifibrinolytikum. [19]

Die frühzeitige Gabe von TXA hat in der Versorgung von Polytraumapatient\*innen besonders durch die Publikation der CRASH-2 Studie einen hohen Stellenwert eingenommen. Die Daten dieser Studie mit über 20.000 Patient\*innen wurden seitdem mehrfach sekundär analysiert und entfachen immer wieder neue Diskussionen rund um das Thema Wirksamkeit dieses Medikamentes.

Laut der aktuellen S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung sollte „bei Patient\*innen mit lebensbedrohlichen Blutungen und/oder im Schock sowie bei nachgewiesener Hyperfibrinolyse möglichst frühzeitig/prähospital die Gabe von 1 g Tranexamsäure über 10 Minuten, ggf. gefolgt von einer Infusion von 1 g über 8 Stunden, erfolgen“[5].

Die Sicherheit von Tranexamsäure wird durch eine Metaanalyse von 216 Studien mit über 125.000 Teilnehmer\*innen gestützt, in der keine Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für thromboembolische Ereignisse, Myokardinfarkt oder zerebrale Ischämie gefunden wurden [18].

In einer aktuellen Studie mit 1310 Patient\*innen wurde erneut untersucht, ob die Überlebensrate mit einem günstigen neurologischen Outcome durch präklinische Verabreichung von TXA in fortgeschrittenen Traumasystemen, bei Patient\*innen mit einem Risiko für eine trauma-induzierte Koagulopathie, erhöht wird.

Das Ergebnis zeigt, dass durch frühzeitige Gabe von TXA nach 6 Monaten zwar mehr Patient\*innen, jedoch nicht mehr mit besserem neurologischen Outcome überlebten als in der Placebo Gruppe. [20]

Nachdem präklinisch nicht klar ist welche Patient\*innen eine Trauma-induzierte Koagulopathie entwickeln sollte TXA als Puzzleteil einer sehr komplexen Versorgung in oben genannter Dosierung verabreicht werden, wie es auch in „The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition“ empfohlen wird [4].

#### 1.1.1.2. Calcium

Jeder zweite Polytraumatisierte kommt bereits mit einer Hypokalziämie in der Notaufnahme an [5]. Die Funktionen von Calcium zeigen sich in der Blutgerinnung, der Adhäsion von Thrombozyten und der Kontraktion von Herzmuskel- und glatten Muskelzellen. Calcium wird für die Aktivierung der Gerinnungsfaktoren II, VII, IX und X sowie des Proteins C und S an der geschädigten Endothelschicht benötigt. Weiters hilft es auch dabei Fibrinogen und Thrombozyten zu stabilisieren. Ein ionisierter Calciumspiegel unter 0,8 – 0,9 mmol/L führt zu einer beeinträchtigten Herz-Kreislauf-Funktion sowie zur Begünstigung der Entwicklung einer Koagulopathie. Bei hämorrhagischem Schock wird oft eine Massivtransfusion erforderlich. Die üblichen Blutprodukte enthalten als Antikoagulans jedoch Citrat, welches ein effektiver Calcium-Chelatbildner ist und eine Hypokalziämie verursachen kann. Zusätzlich ist im Schockgeschehen die Leberfunktion aufgrund einer Hypoperfusion und Hypothermie häufig beeinträchtigt, weshalb das Citrat nicht ausreichend abgebaut werden kann.

Die daraus resultierende Hypokalziämie und deren negativen Auswirkungen sollten deshalb durch eine adäquate Calciumversorgung minimiert werden, um die Gerinnungsfähigkeit des Blutes aufrechtzuerhalten und mögliche Blutungskomplikationen zu reduzieren. [4]

Jedoch unterstreichen die unzureichende Datenlage zur präklinischen blinden Gabe von Calcium und die potenzielle Gefahr der Hyperkalzämie, insbesondere angesichts der begrenzten Möglichkeit einer Blutgasanalyse der meisten Notärzt\*inneneinsatzmittel, die Notwendigkeit weiterer Forschung auf diesem Gebiet.

### 1.1.2. Volumensubstitution

Hypotonie durch Hämorrhagie ist eine physiologische Reaktion des Körpers, um weiteren Blutverlust zu verzögern bzw. zu verhindern. Jedoch führt auch eben diese zu weiterer Minderversorgung und erhöhter Schocklast, welche durch adäquate Handlungen und allen voran der effektiven Blutungsstillung möglich reduziert werden soll. Sobald nämlich die Blutung gestoppt werden konnte, verändert sich das Ziel der permissiven Hypotension zur Reperfusion, bei welcher erhöhte Blutdruckwerte wieder angestrebt werden sollten.

Präklinisch ist die Blutungsstillung oftmals nicht endgültig möglich, sodass zumindest eine Eskalation der Situation verzögert werden muss. Hierfür wird versucht das intravasale Volumen so weit zu erhalten, dass ein Herz-Kreislauf-Stillstand durch Hämorrhagie verhindert werden kann. Die prähospitalen Volumentherapie wurde in den letzten Jahren immer mehr erforscht und aktuelle Empfehlungen lauten, dass „bei schwer verletzten Patient\*innen eine Volumentherapie eingeleitet werden soll, die bei nicht beherrschbarer Blutung in reduzierter Form durchgeführt werden sollte, um den Kreislauf auf niedrig-stabilem Niveau (MAP ~65 mmHg, RRsys ~80 mmHg) zu halten und die Blutung nicht zu verstärken“ [5]. Um eine weitere Auskühlung der Patient\*innen zu vermeiden, sollten initial gewärmte Infusionen verabreicht werden.

#### 1.1.2.1. Kristalloide Infusionen

Bei hypotensiven Traumapatient\*innen sollten 0,9%-ige Natrium-Chlorid oder balancierte Kristalloidlösungen verabreicht werden, wie in „The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition“ empfohlen [4].

Um eine Dilutionsazidose zu vermeiden, sollten keine zu großen Mengen (maximal 1-1,5 Liter) isotoner Kochsalzlösungen infundiert werden. Um diese Komplikation zu vermeiden kann theoretisch durch die Zugabe von Laktat zu einer Vollelektrolytlösung die Metabolisierung dessen zu Bikarbonat und Wasser bewirkt und somit der pH-Wert gepuffert werden. Zusammengefasst sollte eine restriktive Verwendung von kristalloiden Infusionen durchgeführt werden. [4,5] Jedoch mangelt es an ausreichender wissenschaftlicher Evidenz, um eine klare Empfehlung bezüglich der Auswahl der Flüssigkeit zu geben.

#### 1.1.2.2. Kolloidale Infusionen

Diese Art von Lösungen wird verwendet um das intravasale Volumen von Patient\*innen durch Erhöhung des onkotischen Druckes eben dort wiederherzustellen. Studien zeigen, dass bei Traumapatient\*innen, aus der Verwendung von kolloidalen Lösungen, ein geringerer Flüssigkeitsbedarf als im Vergleich mit kristalloiden Lösungen resultiert. Es ist jedoch weiterhin unklar, ob kolloidale Infusionslösungen einen Benefit hinsichtlich Morbidität oder Mortalität bringen. Die aktuelle Datenlage erlaubt keine eindeutige Empfehlung, welches der verschiedenen Kolloide die beste Lösung für das initiale Management von blutenden Traumapatient\*innen ist. Allerdings legt eine Studie aus dem Jahr 2018 nahe, dass die Verwendung von kolloidalen Infusionslösungen eher nachteilige Auswirkungen auf die Nierenfunktion hat. In Fällen schwerer Blutungen, in denen kristalloide Infusionslösungen in Kombination mit Vasopressoren keine ausreichende Gewebepfusion gewährleisten können, sollen kolloidale Infusionen somit lediglich als Reserveoption in Betracht gezogen werden, um die Perfusion aufrechtzuerhalten.[4,21]

### 1.1.2.3. Blutprodukte

Bisher genannte Volumenersatzmittel vermögen jedoch nicht das Organ „Blut“ und seine vielfältigen Aufgaben zu ersetzen. Im deutschsprachigen Raum ist eine flächendeckende Versorgung mit prähospitalen Blutprodukten derzeit nicht gegeben, da die logistischen Voraussetzungen noch nicht überall umgesetzt sind.[5]

Der Einsatz von Erythrozytenkonzentraten (EK) ist nach einigen Angaben ab einem Verlust von ca. 30-40% des zirkulierenden Blutvolumens, das entspricht etwa 1500 ml bei einer 70 kg schweren Person, indiziert. Wenn mehr als 40% verloren gehen ist eine sofortige Transfusion ohne weiteren Zeitverlust durchzuführen. Die Verabreichung von roten Blutzellen zielt darauf ab, einen effektiveren und länger anhaltenden Volumenersatz zu erreichen, der eine verbesserte Hämodynamik im Vergleich zu anderen Volumenersatzmitteln bewirkt. Darüber hinaus soll sie den Sauerstofftransport verbessern. Laut Guidelines wird eine Hämoglobin-Konzentration von 7-9 g/dl empfohlen. [18]

Eine aktuelle Studie hat sich mit der Frage befasst, ob die Verwendung von EK und lyophilisiertem Plasma einen Vorteil gegenüber 0,9%iger Kochsalzlösung, hinsichtlich verbesserter Gewebepfusion und geringerer Mortalität bei Trauma-induziertem hämorrhagischen Schock bringt. Die Studie hat innerhalb ihres Anwendungsbereichs keinen signifikanten Unterschied gezeigt und bestätigt somit, dass weitere Forschung nötig ist. [22]

Auch fresh frozen plasma (FFP), also durch Einfrieren haltbar gemachtes Blutplasma, kann zusätzlich bei Traumapatient\*innen verwendet werden. Es stellt bei der Behandlung einer generalisierten Koagulopathie die Komponente der Wahl dar. FFP liefert eine ausgewogene Quelle von pro- und antikoagulierenden Faktoren sowie Akute-phase-Reaktanten, Immunglobulinen und Albumin. Es enthält jedoch nur etwa 70% des normalen Niveaus aller Gerinnungsfaktoren.

Die frühe Gabe von Plasma hat möglicherweise einen positiven Effekt auf die endotheliale Funktion, indem sie die Integrität der Glykokalix aufrechterhält und die Hochregulation von Endotoxinen abschwächt. Wenn Erythrozytenkonzentrate zusammen mit FFP verabreicht werden, wird ein ausgewogenes Verhältnis von 1:1 empfohlen. Auch hier fehlen leider noch Daten für die prähospitalen Gabe, da die logistischen Voraussetzungen sehr groß sind und derzeit keine flächendeckende Versorgung gegeben ist. [4,18]

Die Trauma-induzierte Koagulopathie ist üblicherweise charakterisiert durch eine niedrige Fibrinogen-Konzentration sowie eine erhöhte fibrinolytische Aktivität. Daher ist neben einer frühen Gabe von TXA auch eine rasche Applikation von Fibrinogen empfehlenswert.

Laut „The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition“, wird eine initiale Gabe von 3-4 g empfohlen. Dabei sollten die Patient\*innen jedoch stets mittels Laboruntersuchungen überwacht werden. [4]

Laut aktuellen Guidelines soll bei schweren Blutungen eine Fibrinogen-Konzentration von mehr als 150 mg/dl angestrebt werden [18].

## 1.2. Physiologie und Störungen der Blutgerinnung

### 1.2.1. Einführung

Nach einer Verletzung beginnt die physiologische Hämostase normalerweise mit der Bildung eines Thrombozyten-Fibrin-Gerinnsels, welches die Blutung abdichtet und stoppt. Die vier Hauptursachen für massive Blutungen sind Trauma, Operationen, Komplikationen in der Geburtshilfe und internistische Auslöser, wie gastrointestinale Blutungen oder die Einnahme von Antikoagulantien. Die pathophysiologischen Auswirkungen durch Trauma entstehen durch Verletzungen von Blutgefäßen und Gewebe. Daraus folgt eine Reduktion des zirkulierenden Blutvolumens sowie eine lebensbedrohliche Minderversorgung des Gewebes mit Sauerstoff.

Hinweisend für einen traumatisch-hämorrhagischen Schock können Vitalparameter wie der systolische Blutdruck, welcher unter 90 mmHg sinkt, oder die Herzfrequenz, welche über 110 Schläge pro Minute ansteigt, sein. Bei gewissen Patient\*innen, wie beispielsweise älteren Menschen, Schwangeren oder Personen die Beta-Blocker nehmen, kann es jedoch zu einer Maskierung der Kreislaufveränderungen kommen. [18]

### 1.2.2. Zellulärer Prozess der Blutgerinnung

Die Blutgerinnung kann in mehrere komplexe Phasen unterteilt werden, wovon alle spezielle Gerinnungsfaktoren benötigen. Sie beginnt mit der **Initiation** (Auslösung der Gerinnung), gefolgt von **Amplifikation** (Verstärkung), **Propagation** (Aufrechterhaltung) und endet mit der **Stabilisation**.

Die erste Phase wird nach einer Gefäßverletzung auf der Endothelfläche ausgelöst, wo der Gewebefaktor (Faktor III bzw. „tissue factor“) gemeinsam mit dem Faktor VII einen Komplex bildet und in weiterer Folge den Faktor X, entweder direkt oder indirekt über den Faktor IX, aktiviert. Dadurch wird Prothrombin in geringe Mengen an Thrombin umgewandelt, die jedoch nicht ausreichen, um den Prozess der Fibrinbildung vollständig abzuschließen.

In der zweiten Phase beteiligt sich das gebildete Thrombin, zusammen mit Calcium aus dem Blut und sauren Phospholipiden, welche von Thrombozyten stammen, intensiv an einem positiven Rückkopplungsprozess für die Aktivierung der Faktoren XI, IX, VIII und V, um noch mehr Thrombin zu bilden, auch als „Thrombin-Burst“ bezeichnet. Gleichzeitig werden die genannten Faktoren durch chemotaktische Mechanismen an die Oberfläche der Blutplättchen gezogen, wo sie die sehr schnelle Aktivierung der Thrombozyten unterstützen. Durch die genannten Prozesse kommt es in der dritten Phase zur Bildung eines Komplexes zwischen dem Faktor Xa und Va, dem sogenannten Prothrombinase-Komplex. Dieser wird benötigt, um Prothrombin in Thrombin umzuwandeln. In der letzten Phase führt die Thrombinbildung zur Aktivierung vom Faktor XIII (Fibrin-stabilisierender Faktor), der die Fibrin-Polymere durch kovalente Verbindungen miteinander verknüpft und dem Fibrin dadurch Stärke und Stabilität verleiht.

Darüber hinaus aktiviert Thrombin den thrombinaktivierbaren Fibrinolyse-Inhibitor (TAFI), der das Gerinnsel vor Fibrinolyse schützt. Kommt es jedoch zu einem raschen Blutverlust, so bedeutet das auch einen schnellen Verlust an Gerinnungsfaktoren, wodurch die Blutgerinnung stark beeinträchtigt wird.[23–25] Laut S3-Leitlinie, sollten „die Gerinnungsdiagnostik und -therapie über viskoelastische Testverfahren gesteuert werden“ [5].

### 1.2.3. Trauma-induzierte Koagulopathie (TIK)

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass die Mehrheit von Traumapatient\*innen, schon Minuten nach einer schweren Verletzung, abnormale Blutgerinnungs-Prozesse aufweisen. Daher wurde 2010 die Bezeichnung „Trauma-induzierte Koagulopathie“ eingeführt, um die Vielzahl an Phänomenen zu beschreiben, welche im Zusammenhang mit traumatischen Verletzungen auftreten können. Sie ist ein eigenständiges Krankheitsbild und hat einen deutlichen Einfluss auf das Überleben der Patient\*innen. Das Verständnis der Pathophysiologie der trauma-induzierten Koagulopathie ist von entscheidender Bedeutung, insbesondere im Hinblick auf die kritische Frage der Entwicklung therapeutischer Strategien für die Behandlung von Patient\*innen mit schwerem Trauma. Laut Experten sollten zur groben Unterscheidung die Begriffe „frühe TIK“ und „späte TIK“ verwendet werden. Sie weisen jedoch darauf hin, dass die Ausprägung der Stadien innerhalb dieser Zeitspanne variieren kann. Die frühe TIK, welche in der Regel innerhalb von 6 Stunden nach der Verletzung auftritt, ist gekennzeichnet durch eine Hypokoagulabilität. Sie bezeichnet die Unfähigkeit eine Hämostase zu erreichen, was zu einer unkontrollierten Blutung und einem daraus resultierenden lebensbedrohlichen Schock führen kann. Die späte TIK, welche mehr als 24 Stunden nach der Verletzung auftritt und sich durch einen hyperkoagulablen Zustand auszeichnet, führt zu übermäßiger Makro- und Mikrogerinnung. Diese Situation birgt das Risiko von thromboembolischen Ereignissen wie tiefen Venenthrombosen und Lungenembolien. Im schlimmsten Fall kann dies zu multiplen Organversagen führen, da die Blutgerinnsel lebenswichtige Organe beeinträchtigen. [26,27]

Wenn Blutungen nach einem Trauma nicht beherrschbar sind, erhöht sich das Sterberisiko innerhalb der ersten 6 bis 12 Stunden signifikant, wobei der Höhepunkt dieser Gefahr in den ersten 1 bis 2 Stunden liegt. Es ist somit von entscheidender Bedeutung, bereits prähospital eine adäquate Behandlung der Koagulopathie einzuleiten und die Gerinnung zu stabilisieren, um schwerwiegende Folgen zu verhindern und die Überlebenschancen der Patient\*innen zu verbessern. [5]

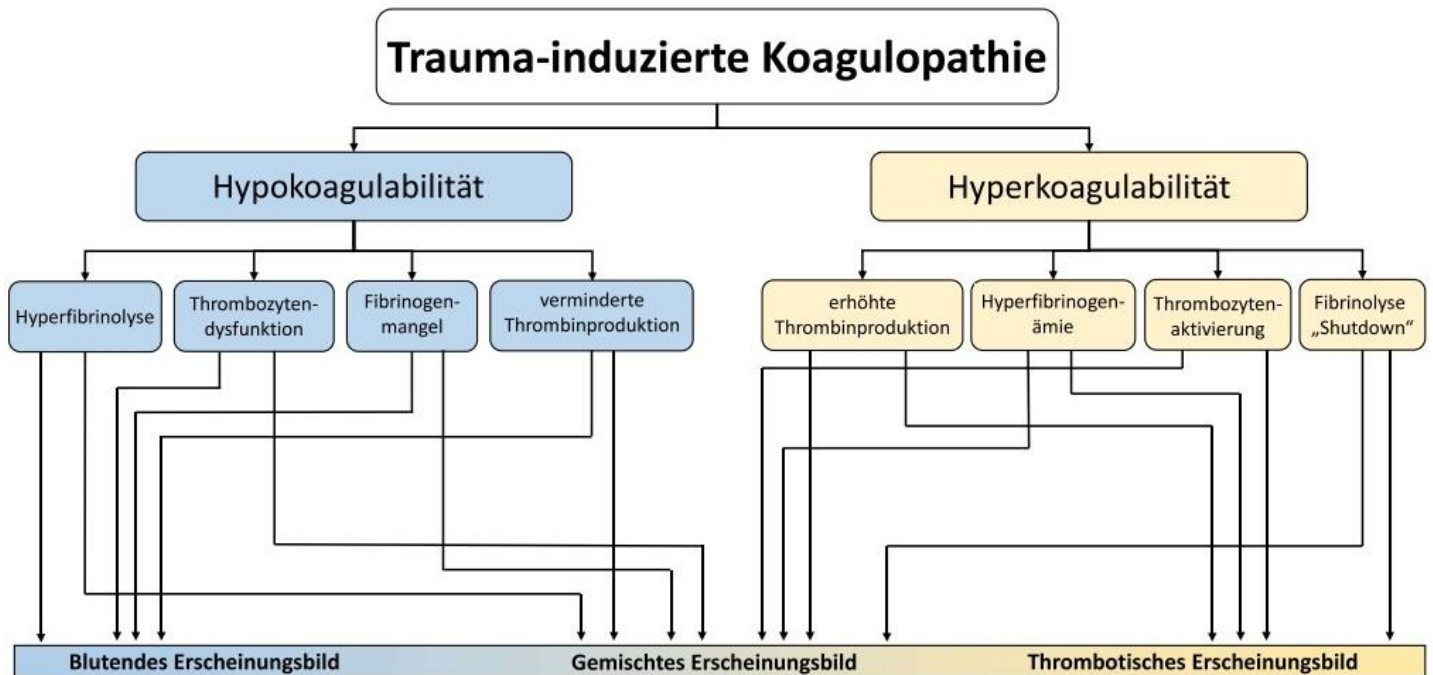


Abbildung 4: Mögliche Phänotypen der Trauma-induzierten Koagulopathie von Moore et al. [25]

Aktuellere Studien haben gezeigt, dass bei Ankunft in der Notaufnahme ca. 25-35% der Polytraumapatient\*innen eine Koagulopathie aufweisen. Außerdem haben sie iatrogene und Rettungs-assoziierte Ursachen für koagulopathische Blutungen nach traumatischen Verletzungen identifiziert, von denen die Hypothermie, metabolische Azidose und die Verdünnungskoagulopathie als Hauptauslöser genannt werden. Die endogene „akute Koagulopathie“ tritt innerhalb von Minuten nach der Verletzung auf und ist eindeutig die Hauptursache für eine gestörte Gerinnung nach einer Verletzung, unabhängig von iatrogenen Faktoren. [28]

#### 1.2.4. Der hämorrhagische Schock

Die Pathophysiologie des hämorrhagischen Schocks ist gekennzeichnet durch einen Volumenmangel des Blutes, der zu einer verminderten Sauerstoffversorgung des Gewebes führt. Dieser Sauerstoffmangel löst eine Kette von Reaktionen aus, die zu einer metabolischen Azidose führen. Dabei wird der pH-Wert des Blutes durch eine erhöhte Konzentration von Säuren im Gewebe reduziert, was wiederum zu einer Beeinträchtigung zahlreicher lebenswichtiger physiologischer Prozesse führen kann. Die primäre Behandlung des hämorrhagischen Schocks zielt daher darauf ab, den Volumenverlust auszugleichen, die Sauerstoffversorgung zu verbessern und die metabolische Azidose zu korrigieren, um schwere Komplikationen der Patient\*innen zu verhindern. Obwohl ein isolierter und vorübergehender hämorrhagischer Schock möglicherweise toleriert wird, zählt er in Verbindung mit Gewebeschäden, Hämolyse und Abweichungen der Gerinnungsfaktoren zu einem Hauptauslöser der traumatisch-induzierten Koagulopathie. Die systemische Sauerstoffzufuhr ( $DO_2$ ) entspricht dem Herzzeitvolumen („cardiac output“, ca. 5-6 l/min) multipliziert mit dem Gehalt an Sauerstoff, der an Hämoglobin (Hb) gebunden ist ( $CaO_2$ ). Wenn die Sauerstoffversorgung unzureichend ist, entwickelt sich eine Gewebehypoxie und in weiterer Folge eine anaerobe Stoffwechselaktivität mit einhergehender Laktat-Produktion. Die Sauerstoff-Bindungsaffinität von Hämoglobin bestimmt das Ausmaß der peripheren  $O_2$ -Abgabe und damit die Menge an Sauerstoff, die zur Versorgung des Gewebes zur Verfügung steht. Eine Azidose verschiebt die Sauerstoffbindungs-Kurve nach rechts und erhöht die Abgabe von Sauerstoff. Dieser Vorgang wird auch als „Bohr-Effekt“ bezeichnet. Im Gegensatz dazu verschiebt eine Hypothermie die Kurve nach links und verursacht somit eine reduzierte Abgabe von Sauerstoff in die Peripherie.[27,29,30]

## 1.3. Präklinisches Trauma Management

### 1.3.1. Zeitmanagement bei traumatischen Verletzungen

Ein striktes Zeitmanagement, im Zusammenhang mit prähospitaler Traumaversorgung, wird als Schlüsselfaktor zur Reduzierung der Mortalität bei Traumapatient\*innen bezeichnet. Das wohl bekannteste Konzept hierbei ist die sogenannte „golden hour of trauma“ aus dem Jahre 1970. Der Begriff wird oft verwendet, um zu unterstreichen, dass schwerverletzte Patient\*innen innerhalb von 60 Minuten nach Unfallzeitpunkt in einem Krankenhaus behandelt werden sollten, um ihr Outcome zu verbessern. Allerdings wird dieses Thema noch immer kontrovers diskutiert, da es bislang keine etablierten Belege gibt, die diese Annahme unterstützen, wobei der Kontext des Verletzungsausmaßes berücksichtigt werden muss. Eine aktuelle Studie aus dem Jahre 2020 konnte keine Verbindung zwischen einer kürzeren prähospitalen Zeit bis zur endgültigen Behandlung und einer Verringerung der Sterblichkeit bei hämodynamisch stabilen Traumapatient\*innen feststellen. [31]

Hämodynamisch instabile Patient\*innen, besonders auch die mit penetrierenden Verletzungen wiederum profitieren deutlich von einem schnellen Transport [4]. Laut S3-Leitlinie sollte zur prähospitalen Versorgung Schwerverletzter primär die Luftrettung eingesetzt werden. Durch verschiedene Studien wurde aufgezeigt, dass besonders Polytraumapatient\*innen mit mittlerer Verletzungsschwere vom Einsatz der Rettungshubschrauber profitieren, da deren Überleben sehr stark von Therapieeinflüssen abhängig ist. Das Ziel besteht darin, die Patient\*innen ehestmöglich in eine Klinik zu überführen, die rund um die Uhr eine sofortige Notfalldiagnostik und -behandlung gewährleisten kann. Sie sollte über sämtliche medizinischen und chirurgischen Fachbereiche verfügen und ausreichende Kapazitäten zur Versorgung von akuten Fällen bereithalten.[5]

### 1.3.2. Strukturierte Versorgung von Schwerverletzten

Um Traumapatient\*innen eine hochwertige und prioritätenorientierte Versorgung zu bieten, gibt es weltweit mehrere Kursformate, die den Prä- und innerklinischen Notfallteams essenzielles Wissen vermitteln. Bekannte Ausbildungskonzepte sind hier beispielsweise „Advanced Trauma Life Support (ATLS®)“ bzw. „Prehospital Trauma Life Support (PHTLS®)“ oder der „European Trauma Course“ (ETC). Durch intensive Schulungen soll dem Personal ermöglicht werden, Verletzungen systematisch zu erkennen und sie optimal zu therapieren. [32]

Die Ersteinschätzung von Polytraumapatient\*innen sollte innerhalb von 20-30 Sekunden erfolgen. Mittels Blickdiagnose („first look“), Beurteilung von Bewusstsein, Atmung und Kreislauf sowie Erhebung des Unfallherganges kann der Schweregrad von Verletzten in der Akutphase grob eingeschätzt werden. Die systematische Erstuntersuchung („primary survey“) sollte nach dem ABCDE-Schema erfolgen. Jeder der Buchstaben steht für einen spezifischen Punkt, der von Fachpersonal bewertet und wenn erforderlich therapiert werden sollte, bevor man zum nächsten Punkt weitergeht.

**A – Airway:** Sind die Atemwege frei, gefährdet oder verlegt? Weiters wird eine Stabilisierung der Halswirbelsäule (HWS) empfohlen.

**B – Breathing:** Ist eine Atmung vorhanden? Wie hoch ist die Atemfrequenz? Eine Auskultation mittels Stethoskop sollte beidseits erfolgen, um einen Pneumothorax zu diagnostizieren.

**C – Circulation:** Sichtbare Blutungen sollten sofort gestoppt werden. Beurteilung der Rekapillarierungszeit und der Hautfarbe der Patient\*innen.

**D – Disability:** Ein grober neurologischer Status mittels Glasgow Coma Scale (GCS) zur Beurteilung des Bewusstseins.

**E – Exposure:** Entkleiden der Patient\*innen unter Wärmeerhalt, um einen Energieverlust durch Auskühlen zu verhindern.

Neben dem traditionellen ABCDE-Schema existieren modifizierte Beurteilungsschemata wie das cABC- oder xABC-Schema. Das "c" oder "x" weist dabei auf die kritische Blutung („critical bleeding“ bzw. „exsanguination“) hin und betont die Dringlichkeit, sichtbare, lebensbedrohliche Blutungen als allererstes zu stoppen. Die sofortige Kontrolle dieser Blutungen hat höchste Priorität, um den Zustand der Patient\*innen zu stabilisieren und weitere lebensrettende Maßnahmen zu ermöglichen. Eine regelmäßige Wiederholung der Primary Survey ist obligat, um eine etwaige Verschlechterung des Patient\*innenzustands rasch zu erkennen und zu behandeln. [33]

Nach vollständiger Primary Survey und Stabilisierung der Traumapatient\*innen, folgt die strukturierte Zweituntersuchung („secondary survey“). Hier wird eine möglichst genaue Anamnese nach dem SAMPLER-Schema erhoben.

Wichtig hierbei sind die

**Symptome/Schmerzen**

**Allergien**

**Medikation**

**Patient\*innengeschichte**

**Letzte Nahrungsaufnahme**

**Ereignis/Unfallhergang und etwaige**

**Risikofaktoren.**

Eine umfassende Anamnese ist jedoch nur möglich, wenn die Patient\*innen ansprechbar und neurologisch unauffällig sind. Bei schockierten Patient\*innen können die Angaben oft unzuverlässig sein. Daher sollten im Rahmen einer Fremdanamnese und je nach Möglichkeit auch anwesende Unfallzeug\*innen oder Angehörige befragt werden. [32]

### 1.3.3. Weitere präklinische Beurteilungsschemata

Neben dem cABC- bzw. xABC-Schema, gibt es noch weitere Merkhilfen für die präklinische Versorgung von Polytraumapatient\*innen. Ein nennenswertes Beurteilungsschema ist das „MARCH-Schema“, welches aus dem Bereich der Taktischen Medizin abstammt und im „Anaesthesia, Trauma and Critical Care Course Manual“ beschrieben wird. Die Buchstaben stehen für:

**M**assive hemorrhage

(Ist eine lebensbedrohliche Blutung sichtbar? Ggf. sofort stillen!)

**A**irway

(Atemwege kontrollieren und sichern)

**R**espiration

(Atmung kontrollieren + knöchernen Thorax auf kritische Verletzungen absuchen)

**C**irculation

(Kreislaufsituation beurteilen und auf weitere Verletzungen kontrollieren)

**H**ypothermia/**H**ead

(Anzeichen von Hypothermie oder Schädel-Hirn-Traumata kontrollieren)[6]

Letztendlich existieren zahlreiche verschiedene Algorithmen zur Behandlung von schwerverletzten Patient\*innen. Die Wahl des konkreten Algorithmus ist weniger entscheidend als die effiziente Anwendung dessen, den das medizinische Fachpersonal am besten kennt und beherrscht. Die Hauptsache ist, dass die Versorgung der Patient\*innen in der bestmöglichen Weise erfolgt und dass das Team mit den Protokollen arbeitet, die für sie am vertrautesten und am besten geeignet sind.

## 2. Material und Methodik

### 2.1. Studiendesign

Es handelt sich hier um eine explorative Literaturanalyse und Fragebogenerhebung mit dem Ziel die Forschungsfrage beantworten zu können, ob die österreichischen Not\*ärztinnenmittel basierend auf aktuellen, relevanten Literaturempfehlungen ausreichend mit Materialien zur Versorgung kritischer traumatischer Blutungen ausgestattet sind.

### 2.2. Ethik

Eine Genehmigung der Ethikkommission war nicht erforderlich.

### 2.3. Datenerhebung

Für diese Arbeit wurde mittels Online-Fragebogen (Anhang 1) der Firma Google (<https://docs.google.com>) eine Erhebung des mitgeführten Equipments an allen österreichischen Notärzt\*innenstützpunkten mit Ganzjahresbetrieb unter dem Titel: „Evaluierung des präklinischen Equipments zur Kontrolle traumatischer Blutungen auf Notärzt\*inneneinsatzmittel“ durchgeführt. Der Fragebogen wurde Ende Juni 2022 das erste Mal per E-Mail an alle Organisationen, welche Notärzt\*inneneinsatzmittel betreiben, gesendet. Falls nach einem Monat noch keine Rückmeldung erfolgte, wurde eine erste Erinnerungsmail versandt. Bei einigen Bundesländern war eine zweite Erinnerungsmail notwendig, wodurch sich die Erhebung verzögerte und bis zum Schluss schwierig war. Schließlich wurde die Evaluierung nach mehreren Monaten ohne Rückmeldung einiger Stützpunkte im Mai 2023 beendet. Beim Österreichischen Roten Kreuz musste bei den Landesverbänden Kärnten und Steiermark zuerst eine gesonderte Genehmigung eingeholt werden. Anschließend wurde der Fragebogen intern an die zuständigen Kolleg\*innen weitergeleitet. Bei den Rettungshubschraubern wurden nur Stützpunkte mit Ganzjahresbetrieb abgefragt.

Es wurde festgestellt, dass bestimmte Organisationen lediglich einen Fragebogen benötigten, um sämtliche ihrer Stützpunkte rückzumelden, da sie über eine einheitliche Ausrüstung verfügten. Hingegen waren andere Organisationen gezwungen, für jeden einzelnen Stützpunkt einen eigenen Fragebogen auszufüllen. Dies verdeutlicht Unterschiede in der Vorgehensweise der Datenerhebung je nach der internen Struktur und Ausrüstungsdifferenzen der beteiligten Organisationen.

Für folgende Bundesländer wurde eine landesweit einheitliche Ausrüstung der NEF-Stützpunkte rückgemeldet (in alphabetischer Reihenfolge):

Burgenland, Niederösterreich, Oberösterreich, Tirol, Vorarlberg und Wien.

In den verbleibenden Bundesländern unterschied sich die Ausrüstung laut systemverantwortlichen Kolleg\*innen nur gering.

Bei den Rettungshubschraubern wurden für alle angefragten Flotten (ARA Flugrettung, Martin Flugrettung und ÖAMTC Flugrettung) jeweils einheitliche Materialien rückgemeldet.

## 2.4. Datenverwaltung

Die gesammelten Daten aller Stützpunkte wurden nach Beendigung der Evaluierung exportiert und mit Hilfe des Programms Microsoft® Excel sortiert und verwaltet.

Die Referenzen wurden mithilfe der Gratis-Software „Zotero“ (<https://www.zotero.org>) gesammelt und organisiert.

## 2.5. Aufbau Fragebogen

Der Fragebogen (Anhang 1) wurde in mehrere Abschnitte gegliedert und mit Fotos versehen, um die Evaluierung für die zuständigen Kolleg\*innen zu erleichtern.

Die Antworten waren als Einfach-, Mehrfachauswahl oder als Kurzantwort-Text abzugeben. Bei gewissen Produkten wurden die gängigsten Handelsnamen angeführt, um die Auswahl gegebenenfalls zu erleichtern.

Im ersten Abschnitt wurde zunächst die Organisation abgefragt. Es gab jene 6 Auswahlmöglichkeiten, welche in Österreich die meisten Notärzt\*inneneinsatzmittel betreiben. Dazu gehören folgende Organisationen (in alphabetischer Reihenfolge): ARA Flugrettung, Arbeiter-Samariter-Bund Österreich, Berufsrettung Wien, Martin Flugrettung, ÖAMTC Flugrettung, Österreichisches Rotes Kreuz.

Anschließend erfolgte die Abfrage des entsprechenden Bundeslands.

Im nächsten Unterpunkt konnte man das jeweilige Notfalleinsatzmittel auswählen. Zu wählen waren: Notärzt\*innenwagen (NAW), Notärzt\*inneneinsatzfahrzeug (NEF) oder Rettungshubschrauber (RTH).

Zum Schluss wurde im ersten Abschnitt des Fragebogens nach der Dienststelle unter Verwendung eines Kurzantwort-Texts gefragt. Diese Antwort war optional, erleichterte jedoch die genaue Zuordnung der Daten.

Der zweite Abschnitt enthielt 7 Unterpunkte und befasste sich mit dem aktuell mitgeführten Material. Die Kolleg\*innen wurden gebeten nur den aktuellen Stand anzugeben, nicht jedoch geplante Änderungen.

Im ersten Unterpunkt wurde erfragt, ob und gegebenenfalls welcher Beckengurt mitgeführt wird. Dabei konnten die beiden am häufigsten verwendeten Modelle, die „T-Pod“ Beckenschlinge von Arrow® und die „Pelvic Sling“ von SAM Medical®, ausgewählt werden. Falls ein anderes Markenprodukt mitgeführt wurde, bestand die Möglichkeit zur Eingabe einer Freitext-Antwort.

Der zweite Unterpunkt befasste sich mit Materialien zur manuellen Blutstillung. Mittels Mehrfachauswahl konnte man bis zu 5 Antworten wählen. Zur Auswahl standen: Tourniquet-System, Hämostatische Gaze (Woundclot®, etc.), Israelibandage, REBOA, Thorakotomie-Set (Clamshell).

Folgend wurde mittels Ja/Nein-Antwort abgefragt, ob am jeweiligen Einsatzmittel Calcium mitgeführt wird. Diese Frage wurde erst nachträglich hinzugefügt, nachdem bereits erste Rückmeldungen eingegangen waren. Daher wird sie in der Auswertung als eine separate Subanalyse behandelt.

Anschließend wurde nach der Anzahl der mitgeführten Ampullen von Tranexamsäure gefragt. Man konnte zwischen 1 und 4 Stück auswählen.

Bei den mitgeführten kristalloiden Infusionslösungen standen folgende Produkte zur Auswahl: Elomel-isoton, Elomel-semiton, NaCl 0,9%, Ringer-Laktat und eine zusätzliche Freitext-Antwort.

Im nächsten Schritt wurde abgefragt, welche kolloidalen Infusionslösungen am Notfalleinsatzmittel vorhanden sind. Zur Wahl standen: Albumin, Dextrane (Deltadex, etc.), Gelatine (Geloplasma, Gelofusine, etc.) und Hydroxyethylstärke (HAES, Voluven, etc.).

Abschließend wurde nach mitgeführten Blutprodukten gefragt. Zum Wählen waren: Erythrozyten-Konzentrate, Fresh Frozen Plasma (FFP), LyoPlas (gefriergetrocknetes Plasma) und Haemocomplettan (humanes Fibrinogen).

Nach Abschluss oben genannter Unterpunkte, wurden die Teilnehmer\*innen zur Abfrage der subjektiven Zufriedenheit weitergeleitet. Es wurde mittels Ja oder Nein-Antwort danach gefragt, ob sie glauben, alle notwendigen Materialien für eine optimale Versorgung von traumatischen Blutungen am jeweiligen Notfallmittel mitzuführen. Wenn die Teilnehmer\*innen "Ja" auswählten, wurde die Umfrage abgeschlossen. Bei der Auswahl von "Nein" hatten die Teilnehmer\*innen die Möglichkeit, ihre Wünsche bezüglich zusätzlich benötigter Materialien und die Gründe hierfür in einem Freitext-Antwortfeld anzugeben.

### 3. Ergebnisse

Die Beantwortung des Fragebogens wurde von jedem Bundesland und jeder Organisation mit Notärzt\*innenstützpunkten auf unterschiedliche Weise gehandhabt. Aufgrund gelegentlicher Doppelantworten war es nach Abschluss der Evaluierung notwendig, die Datensätze sorgfältig zu kontrollieren und zu bereinigen. Mit den Programmen Microsoft Excel® und PowerPoint® konnte im Anschluss problemlos eine anschauliche Darstellung der Ergebnisse in Form von Diagrammen erstellt werden. Zur besseren Veranschaulichung wurden sämtliche Prozentangaben aufgerundet, um Dezimalstellen zu vermeiden.

Österreichweit erhielten wir von 139 Stützpunkten insgesamt 133 Antworten.  
 Das ergibt somit eine Rücklaufquote von 96%. Bei den 6 fehlenden  
 Notärzt\*inneneinsatzmittel handelt es sich um einen NAW aus Salzburg und  
 5 NEF aus der Steiermark.

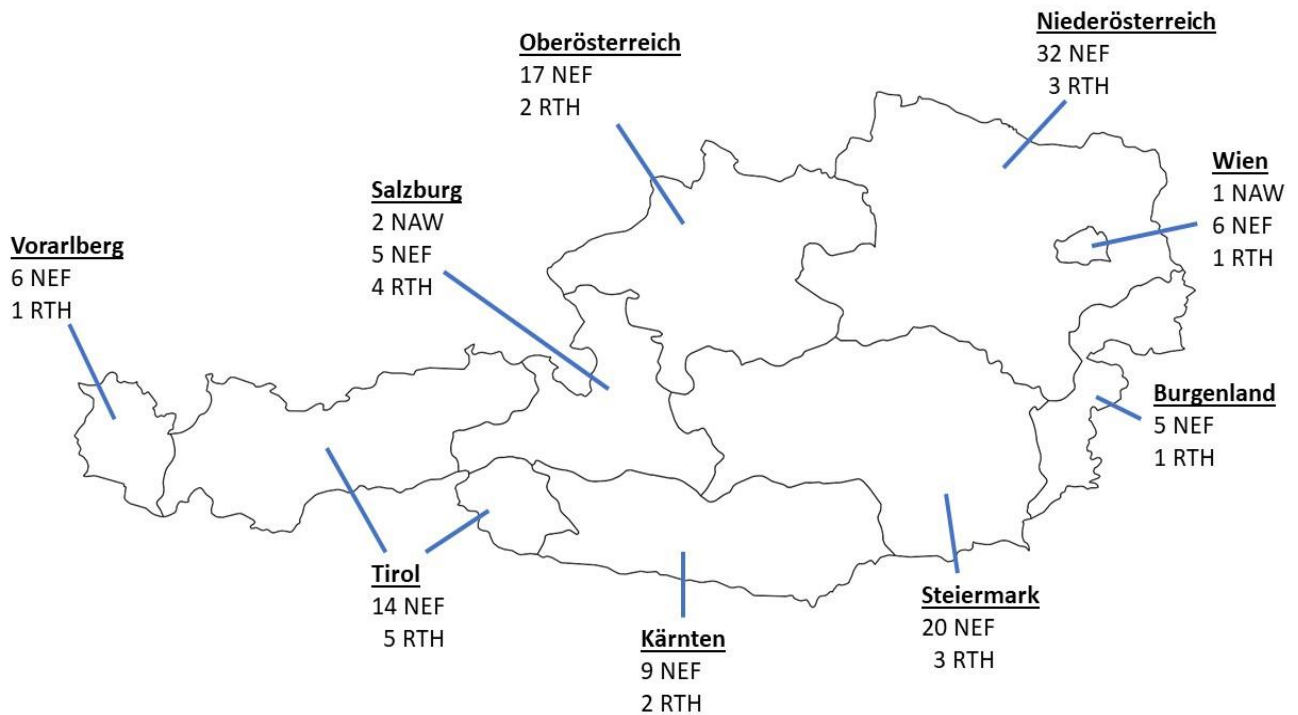


Abbildung 6: Übersichtskarte der kontaktierten Notärzt\*innenstützpunkte in Österreich

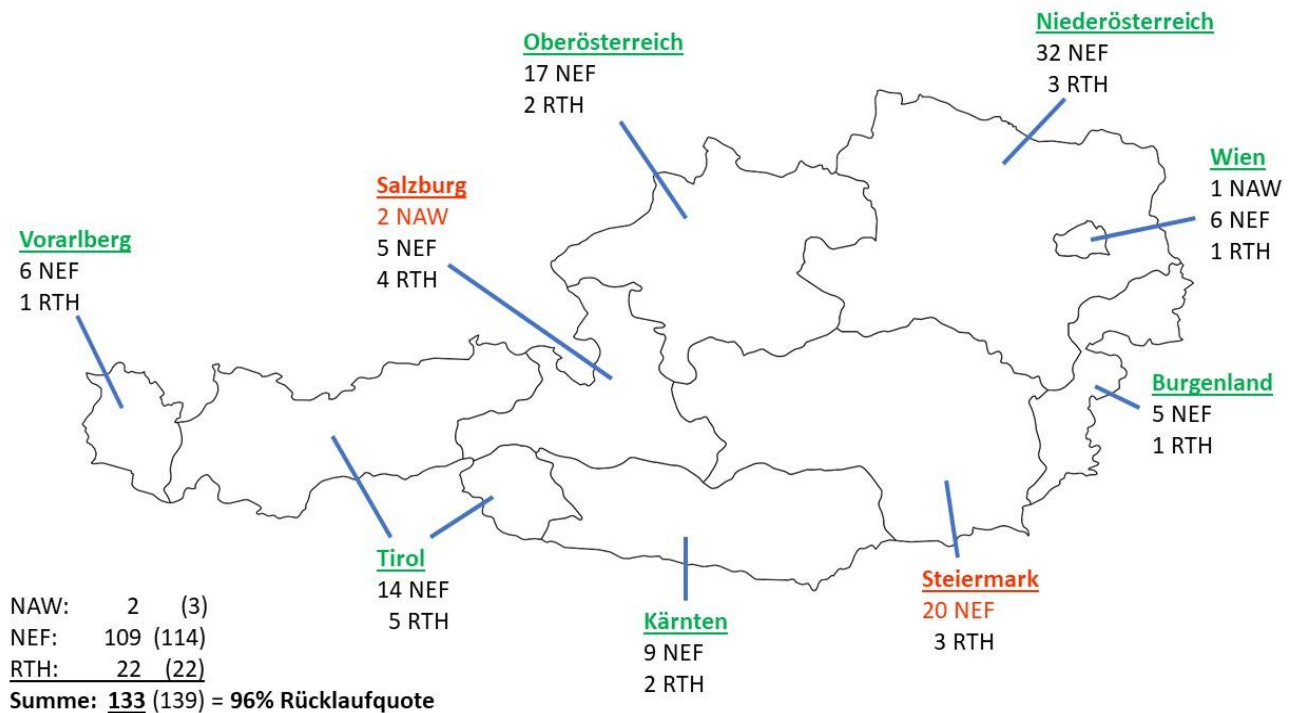


Abbildung 5: Ergebnisse der Evaluierung. Grün markierte Bundesländer: vollständig, rot markierte Bundesländer: unvollständig

### 3.1. Empfehlungstabelle

Die erhaltenen Ergebnisse wurden anhand der aktuellen Handlungsempfehlungen der S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung und der „European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma (6th edition)“ analysiert und in 3 farblich markierte Hauptkategorien eingeteilt:

- „essenzielles Material“ (starke Empfehlung der jeweiligen Leitlinie)
- „wünschenswertes Material“ (Empfehlung) und
- Material mit einer offenen Handlungsempfehlung.

Anschließend wurden die abgefragten Materialien nach prozentueller Verfügbarkeit auf den österreichischen Notärzt\*inneneinsatzmittel in absteigender Reihenfolge sortiert. Diese Tabelle bietet zunächst eine klare Zusammenfassung der Empfehlungsgrade und erleichtert anschließend den Vergleich mit den Umfrageergebnissen bezüglich des Vorhandenseins des jeweiligen Materials auf den evaluierten Einsatzmitteln.[4,5]

Material	S3-Leitlinie <sup>1</sup>	EGMMB <sup>2</sup>	Verfügbarkeit Ö-NEM <sup>3</sup>
Beckengurt	A++	1C	100%
Kristalloide Infusionslösungen	A++	1B	100%
Tranexamsäure (TXA)	A++	1A	100%
Tourniquet	A++	1B	99%
Hämostatische Gaze	A++	1B	64%
Israelibandage	A++	1B	50%
Kolloidale Infusionslösungen	0	0	46%
Calcium*	B+	1C	11%
Fibrinogen	A	1C	2%
Thorakotomie-Set	0	0	2%
Plasmakonzentrate	0	1C	1%
REBOA	0	2C	1%
Erythrozytenkonzentrate	0	0	0%

- **Starke Empfehlung (soll) - Essenzielles Material**
- **Empfehlung (sollte) - Wünschenswertes Material**
- **Empfehlung offen (kann)**

<sup>1</sup> S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung

<sup>2</sup> The european guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma (6th edition)

<sup>3</sup> Österreichische Notarzteinsatzmittel

\* Separate Subanalyse. Es wurden insgesamt nur 23 Stützpunkte (17%) evaluiert. 15 (11%) führen Calcium mit. 8 (6%) führen es nicht mit. 110 Stützpunkte (83%) sind unbekannt.

Tabelle 1: Empfehlungstabelle der mitgeführten Materialien auf österreichischen Notärzt\*inneneinsatzmittel

Die Daten in der Tabelle verdeutlichen eindeutig, dass der Großteil der Stützpunkte über eine gute Ausstattung verfügt und somit eine adäquate Basisversorgung gewährleistet ist. Von den untersuchten Ausrüstungsgegenständen werden drei davon (Beckengurt, Kristalloide Infusionslösungen und Tranexamsäure) auf jedem der 133 Einsatzmittel mitgeführt (100%). Das Tourniquet-System wird lediglich auf einem Stützpunkt nicht mitgeführt, was eine Verfügbarkeit von 99% ergibt. Die Hämostatische Gaze ist auf 64% der evaluierten Stützpunkte vorhanden, während die Israelibandage auf 50% der Stützpunkte verfügbar ist. Alle weiteren Materialien sind auf weniger als der Hälfte der Stützpunkte zu finden. Erythrozytenkonzentrate sind auf keinem Notärzt\*inneneinsatzmittel in Österreich zu finden.

### 3.2. Organisation

Von den 6 angefragten Betreibern der österreichischen Not\*ärztinnenstützpunkte, ist die Anzahl der Rückmeldungen vom Österreichischen Roten Kreuz (ÖRK) am höchsten. Das resultiert einerseits daraus, dass gewisse Organisationen in der Lage waren, durch das Ausfüllen eines einzigen Fragebogens, ihre gesamten Stützpunkte zu evaluieren. Andererseits stellt das ÖRK die meisten Not\*ärztinnenstützpunkte. Beim Roten Kreuz wurde für die Bundesländer Kärnten, Salzburg und Steiermark pro Stützpunkt ein separater Fragebogen ausgefüllt.

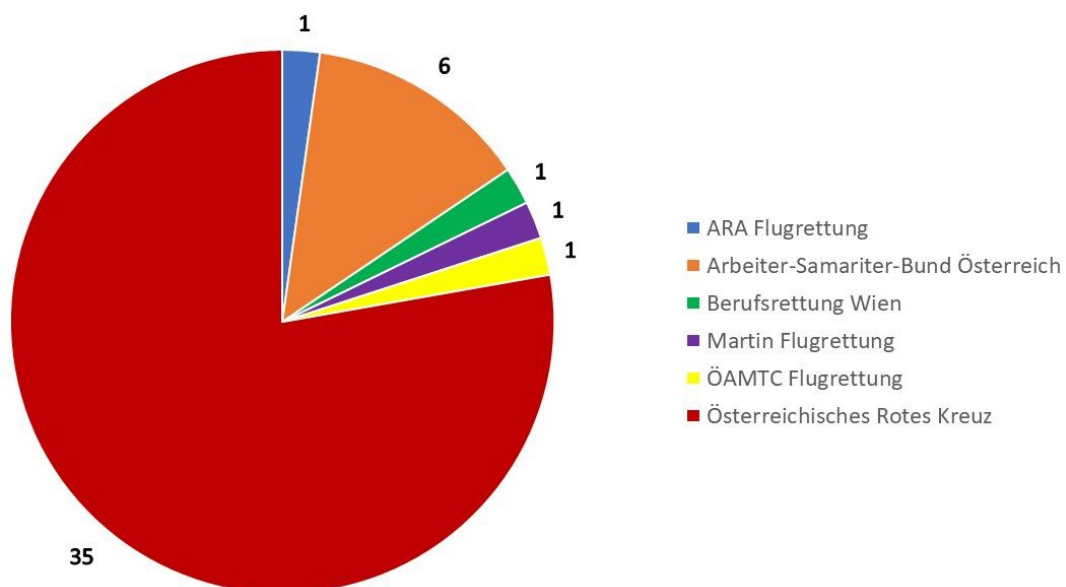


Abbildung 7: Organisationsbezogene Anzahl der Rückmeldungen als Tortendiagramm

Organisation	Stützpunkte (ganzjährig)	Anzahl der Rückmeldungen	Vollständig?
Österreichisches Rotes Kreuz	111	35	NEIN
ÖAMTC Flugrettung	16	1	JA
Arbeiter-Samariter-Bund Österreich	6	6	JA
Berufsrettung Wien	6	1	JA
Martin Flugrettung	3	1	JA
ARA Flugrettung	2	1	JA
<b>Insgesamt</b>	<b>144</b>	<b>45</b>	

Tabelle 2: Zusammenfassung der befragten Notärzt\*inneneinsatzmitteln und Rücklaufquote des Fragebogens

Um die demographische Darstellung der durchgeführten Evaluierung mittels Fragebogen zu realisieren, wurden die 45 erhaltenen Antworten, die insgesamt 133 Datenpunkte repräsentieren, nach den jeweiligen Qualifikationen der Teilnehmer kategorisiert. Diese Kategorisierung ermöglicht eine detaillierte Analyse und Auswertung der erhobenen Informationen im Hinblick auf die unterschiedlichen Qualifikationsgruppen.

Von den insgesamt 133 erhaltenen Rückmeldungen stammen 67 (50%) von Notfallsanitäter\*innen, 34 Fragebögen (26%) wurden von Notärzt\*innen ausgefüllt. Kolleg\*innen aus dem Qualitätsmanagement, welche in die Kategorie „Sonstige“ eingeteilt wurden, haben in 20 Fällen (15%) geantwortet, während bei 12 Rückmeldungen (9%) die Qualifikation der ausfüllenden Person unbekannt ist.

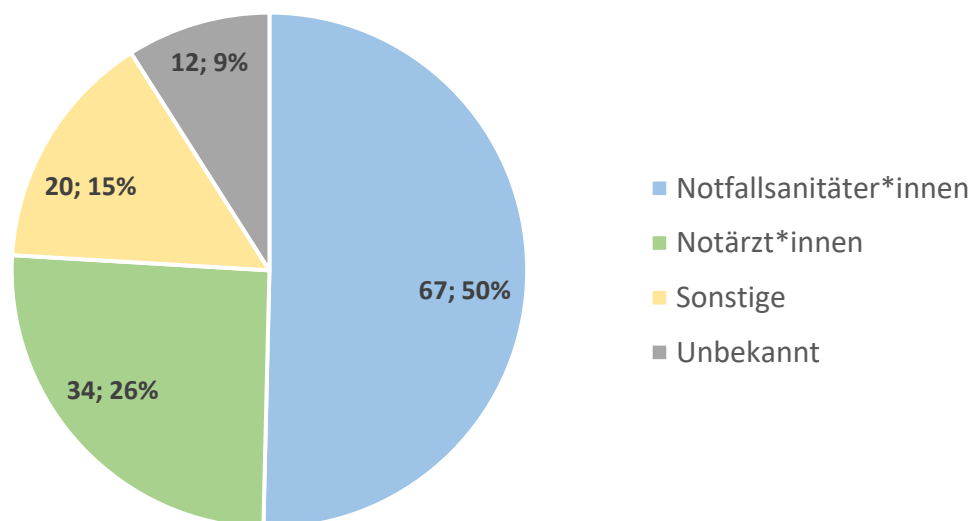


Abbildung 8: Demographische Daten der Umfrage als Tortendiagramm

### 3.3. Bundesland

Mit einer Ausdehnung von etwa 19.200 km<sup>2</sup> ist Niederösterreich das größte Bundesland Österreichs. Um eine flächendeckende Notfallversorgung zu gewährleisten, bedarf es daher einer beträchtlichen Anzahl an Notärzt\*innenstützpunkten. Mit insgesamt 35 Stützpunkten (25%) nimmt Niederösterreich hierbei den ersten Platz ein, gefolgt von der Steiermark mit 23 (17%) und Oberösterreich mit 19 Stützpunkten (14%). Am anderen Ende des Spektrums befindet sich das Burgenland, das lediglich über 6 Notärzt\*innenstützpunkte (4%) verfügt und somit das Schlusslicht bildet.

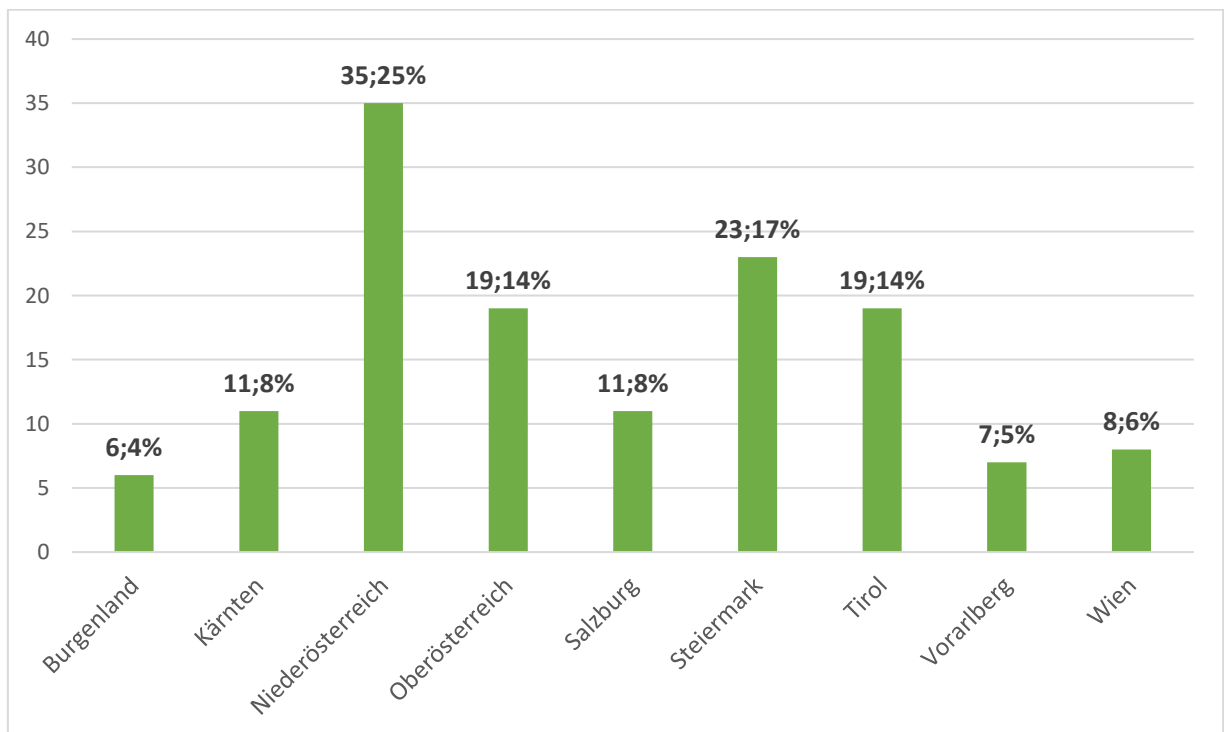


Abbildung 9: Anzahl der Stützpunkte pro Bundesland, alphabetisch gereiht

### 3.4. Einsatzmittel

Von den insgesamt 133 Rückmeldungen teilen sich die Einsatzmittel in 109 Notärzt\*inneneinsatzfahrzeuge (82%), 22 Rettungshubschrauber (17%) und 2 Notärzt\*innenwägen (1,5%) auf.

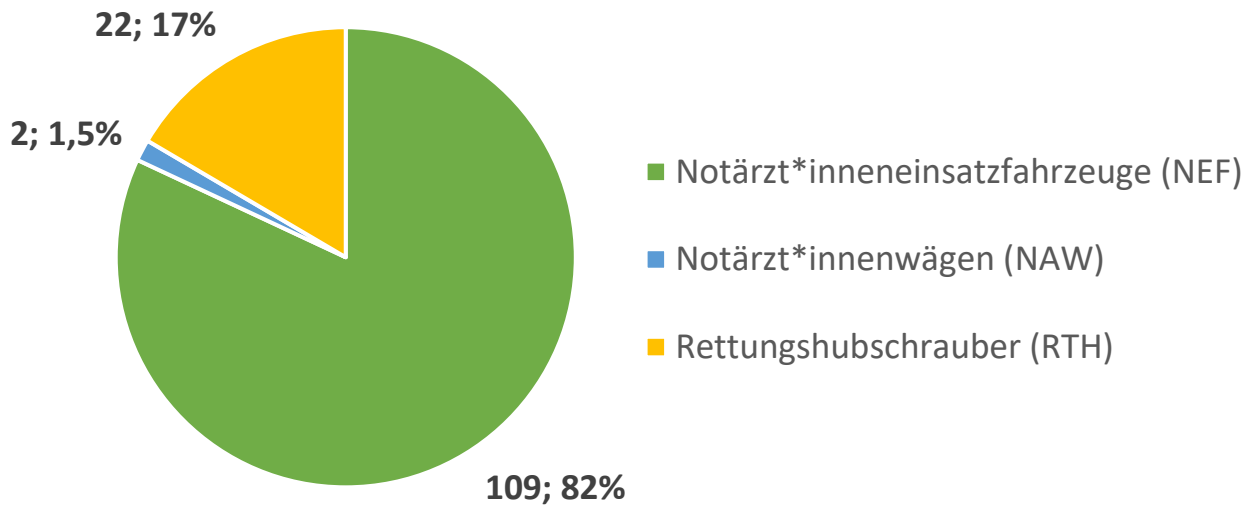


Abbildung 10: Aufteilung der evaluierten Einsatzmittel in die 3 möglichen Kategorien

### 3.5. Beckengurt

Jeder der evaluierten Stützpunkte führt einen Beckengurt mit. Am häufigsten wurde der T-Pod ausgewählt (111 Stützpunkte, 83%), gefolgt von der SAM<sup>®</sup> Pelvic Sling (21 Stützpunkte, 16%). Ein Stützpunkt (0,7%) führt beide Produkte mit.

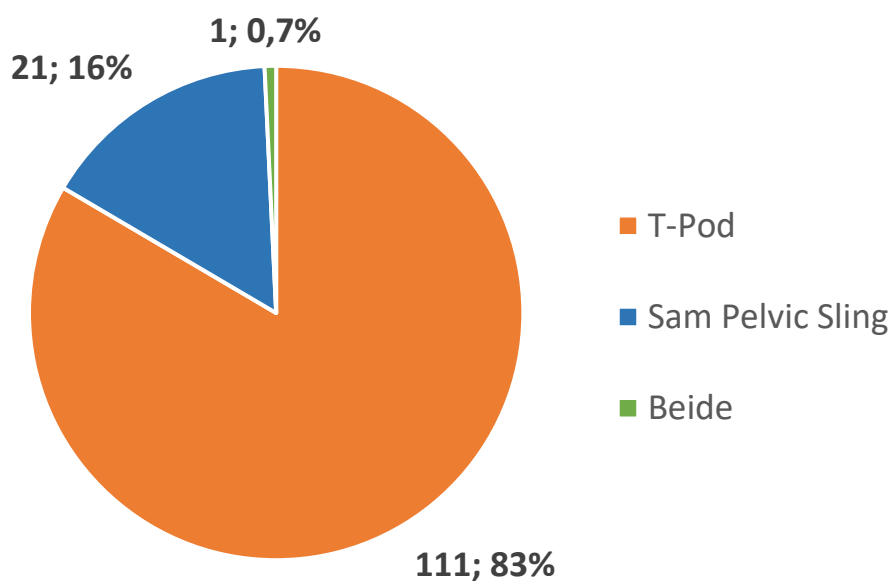


Abbildung 11: Auflistung der mitgeführten Beckengurte

### 3.6. Manuelle Blutstillung

Bei den Materialien zur manuellen Blutstillung findet man auf 132 von 133 evaluierten Stützpunkten (99%) und somit auf fast allen österreichischen Notärzt\*inneneinsatzmitteln ein Tourniquet-System. Gefolgt von der Hämostatischen Gaze (64%) und der Israelibandage (50%). Am seltensten werden das Thorakotomie-Set (2%) und das REBOA-System (0,7%) mitgeführt, was auf die Komplexität der entsprechenden Verfahren zurückzuführen ist. Die ÖAMTC Flugrettung gab an, das Thorakotomie-Set nur am in Wien stationierten Rettungshubschrauber mitzuführen. Die ARA Flugrettung gab an, dass der Hubschrauber in Kärnten eine abgespeckte Version des Thorakotomie-Sets, ohne Rippenspreizer, mitführt. Ein REBOA-System wird österreichweit nur in der Steiermark am NEF Stützpunkt Graz-Ost mitgeführt.

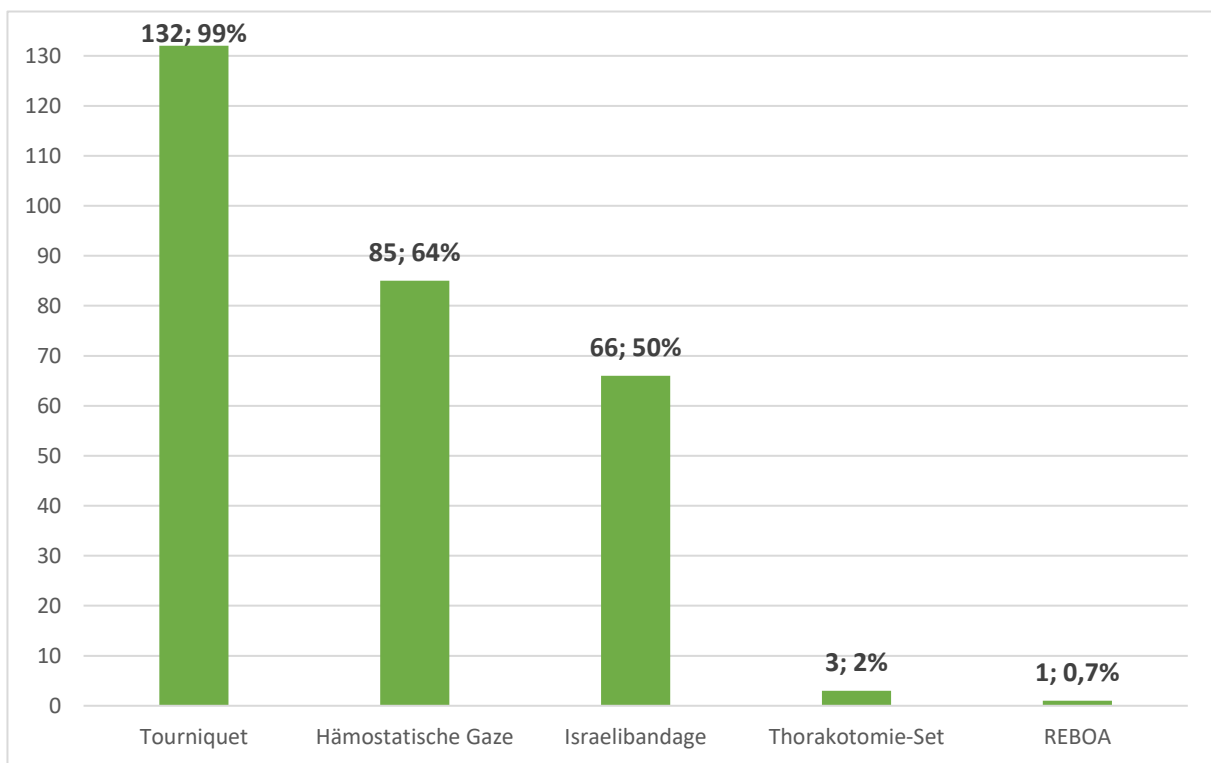


Abbildung 12: Stückzahlen der mitgeführten Materialien zur manuellen Blutstillung

### 3.7. Calcium

Die Calcium-Unterfrage wurde erst nachträglich ab 03.11.2022 in den Online-Fragebogen eingefügt. Somit wurde leider nur ein Fünftel der Stützpunkte diesbezüglich evaluiert. Sie wird somit als separate Subanalyse behandelt. Von den insgesamt 133 rückgemeldeten Stützpunkten führen 15 Calcium mit, das ergibt 11%. 8 Notärzt\*inneneinsatzmitteln (6%) gaben an, kein Calcium mitzuführen. Von 110 Stützpunkten (83%) ist das Ergebnis unbekannt.

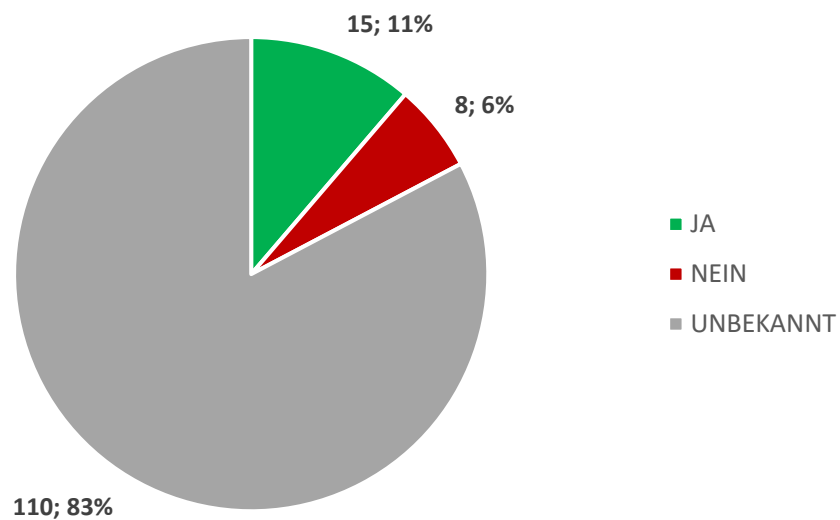


Abbildung 13: Calciummitführung der evaluierten Stützpunkte

### 3.8. Tranexamsäure (TXA)

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass jeder Notärzt\*innenstützpunkt in Österreich zumindest 2 Ampullen (entspricht 1 g) der Tranexamsäure mitführt. 85 Stützpunkte (64%) und somit die große Mehrheit aller evaluierten Einsatzmittel führen insgesamt 4 Ampullen mit. 3 Ampullen werden von 17 Stützpunkten (13%) mitgeführt. 2 Ampullen findet man auf 31 Stützpunkten (23%).

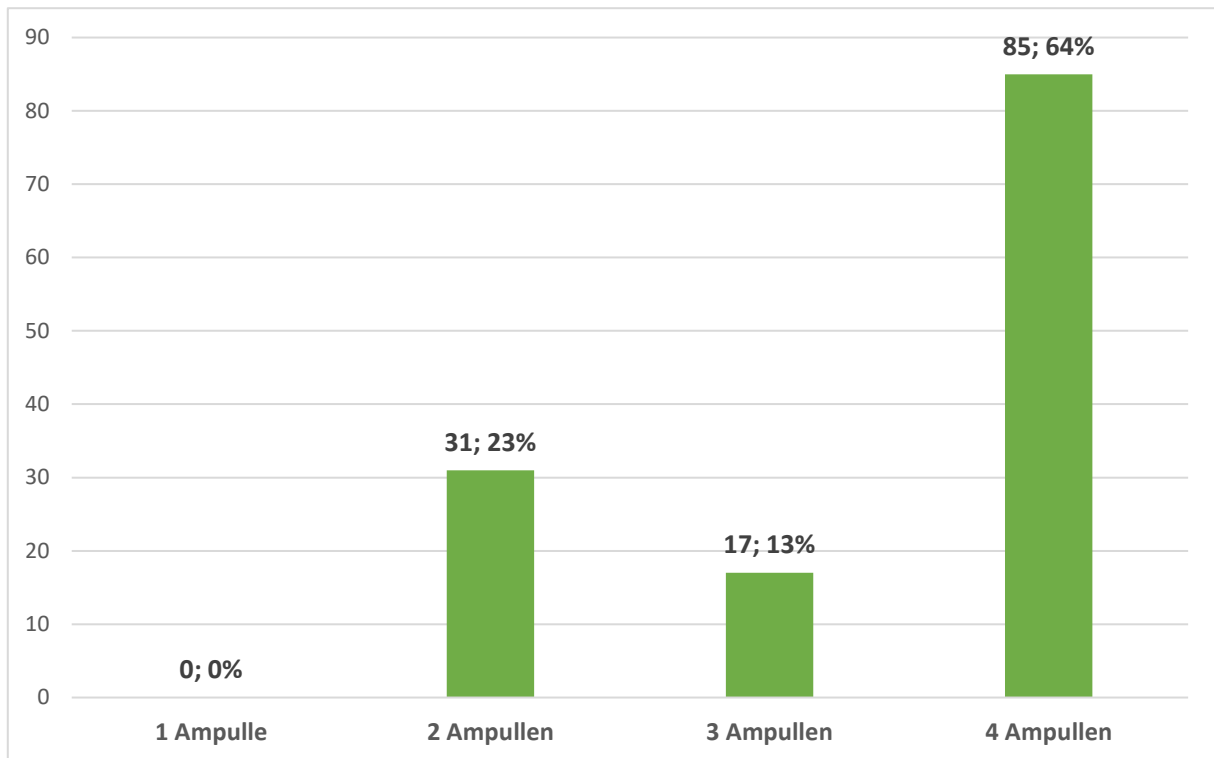


Abbildung 14: Anzahl der mitgeführten Ampullen von Tranexamsäure

### 3.9. Kristalloide Infusionslösungen

Alle evaluierten Notärzt\*innenstützpunkte in Österreich sind mit mindestens einer Kristalloiden Infusionslösung ausgestattet. Am häufigsten wurde das Produkt „Elomel-isoton“ angegeben, gefolgt vom 0,9%igem Natriumchlorid, welches von 89 Notärzt\*inneneinsatzmitteln (67%) mitgeführt wird. Elomel-semiton und Ringer-Laktat Infusionslösungen sind laut Rückmeldungen auf keinem der evaluierten Stützpunkte zu finden.

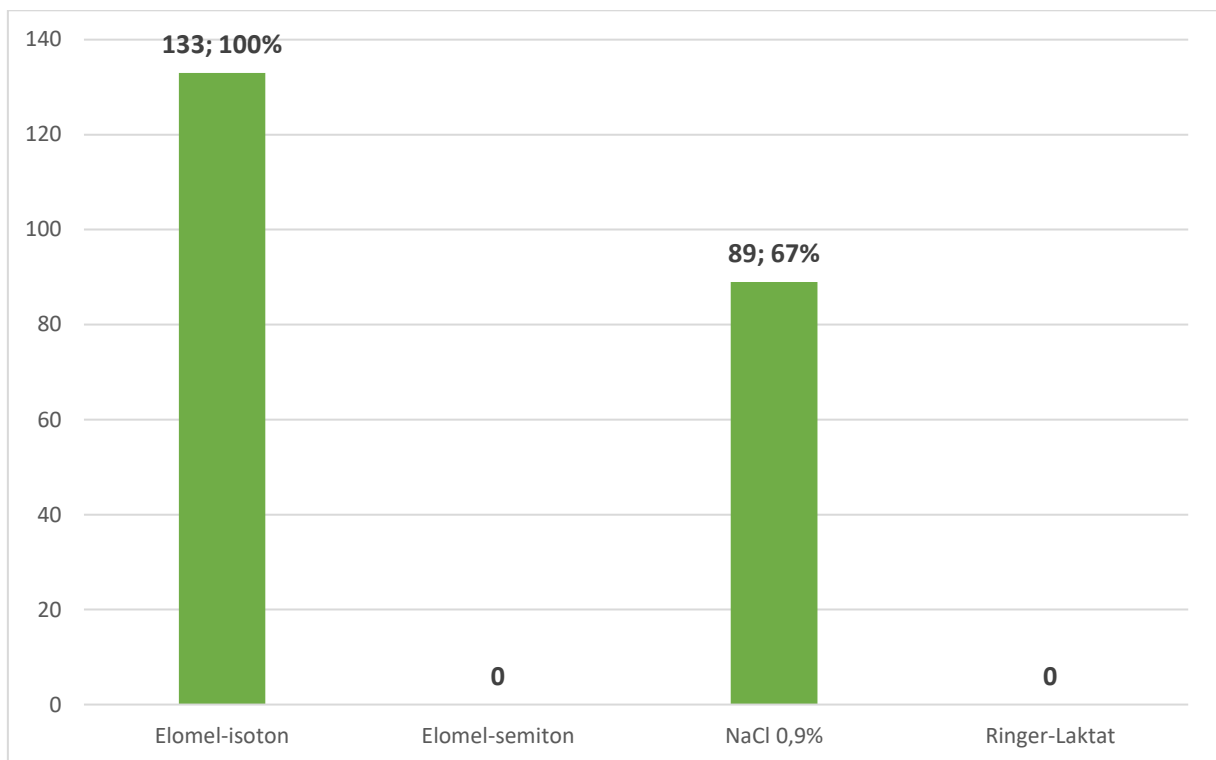


Abbildung 15: Häufigkeit und Art der mitgeführten kristalloiden Infusionslösungen

### 3.10. Kolloidale Infusionslösungen

Die Verwendung Kolloidaler Infusionslösungen ist im Vergleich zu Kristalloiden Infusionslösungen auf den Notärzt\*inneneinsatzmitteln seltener anzutreffen. An 61 Stützpunkten (46%) wird Gelatine (wie Geloplasma, Gelofusine, etc.) mitgeführt, während auf 23 Stützpunkten (17%) Hydroxyethylstärke (HAES, Voluven, etc.) zu finden ist. Albumin und Dextrane (wie Deltadex, etc.) hingegen sind nicht in den Ausrüstungen enthalten.

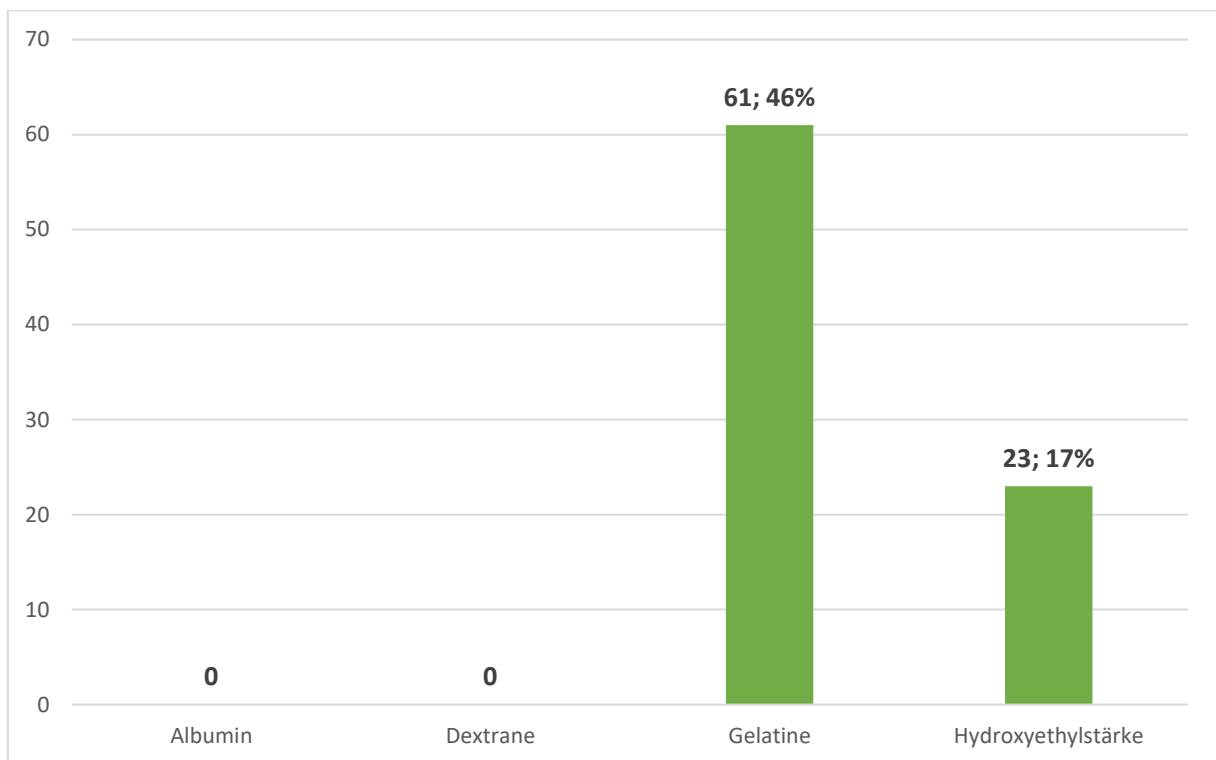


Abbildung 16: Häufigkeit und Art der mitgeführten kolloidalen Infusionslösungen

### 3.11. Blutprodukte

Blutprodukte sind auf den österreichischen Notärzt\*innenstützpunkten nahezu nicht vorhanden. Lediglich an 2 Stützpunkten (ca. 1,5%) wird Haemocomplettan (humanes Fibrinogen) mitgeführt. Ein einziges Notärzt\*inneneinsatzmittel verfügt über gefriergetrocknetes Plasma "LyoPlas" in seiner Ausrüstung (ca. 0,7%).

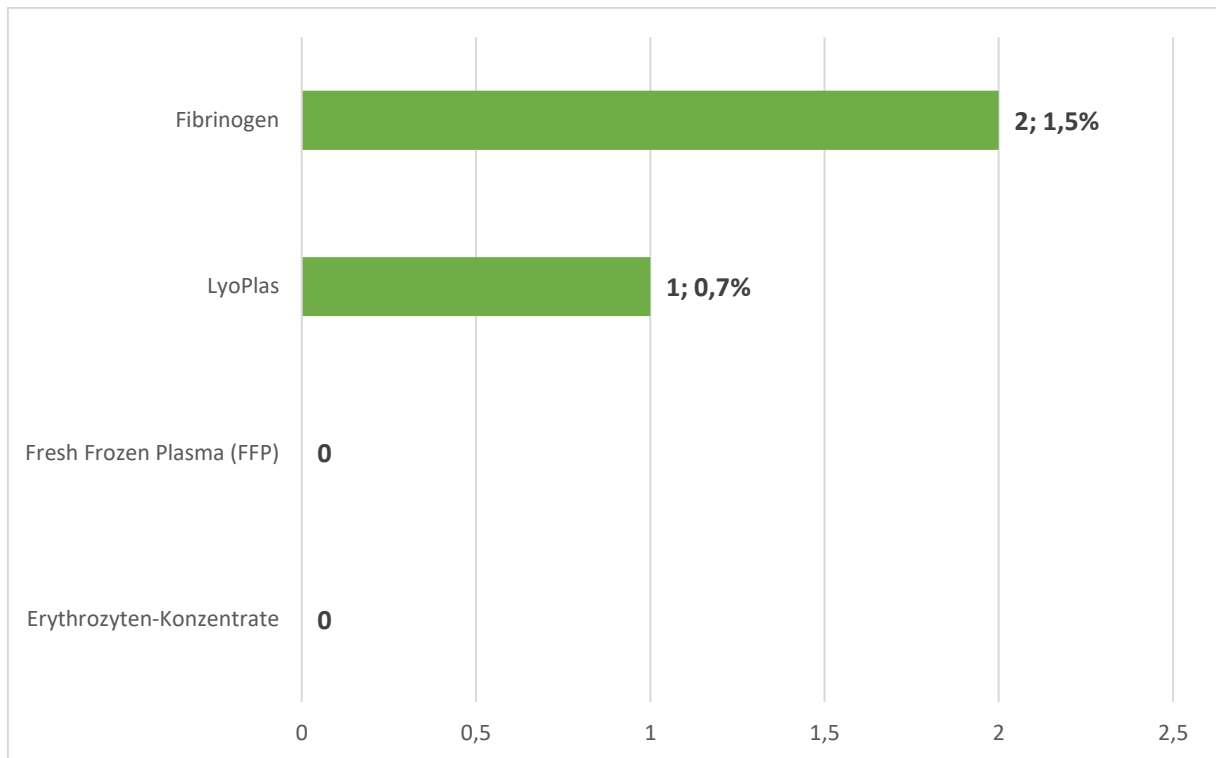


Abbildung 17: Häufigkeit und Art der mitgeführten Blutprodukte

### 3.12. Subjektive Zufriedenheit

Am Ende der Umfrage wurde nach der Einschätzung der Verantwortlichen gefragt, ob sie glauben, dass auf ihren Notärzt\*inneneinsatzmitteln alle erforderlichen Materialien für eine optimale Versorgung traumatischer Blutungen vorhanden sind. Von den befragten 133 Stützpunkten antworteten 107 (80%) mit Ja, während die verbleibenden 26 Stützpunkte (20%) dies verneinten.

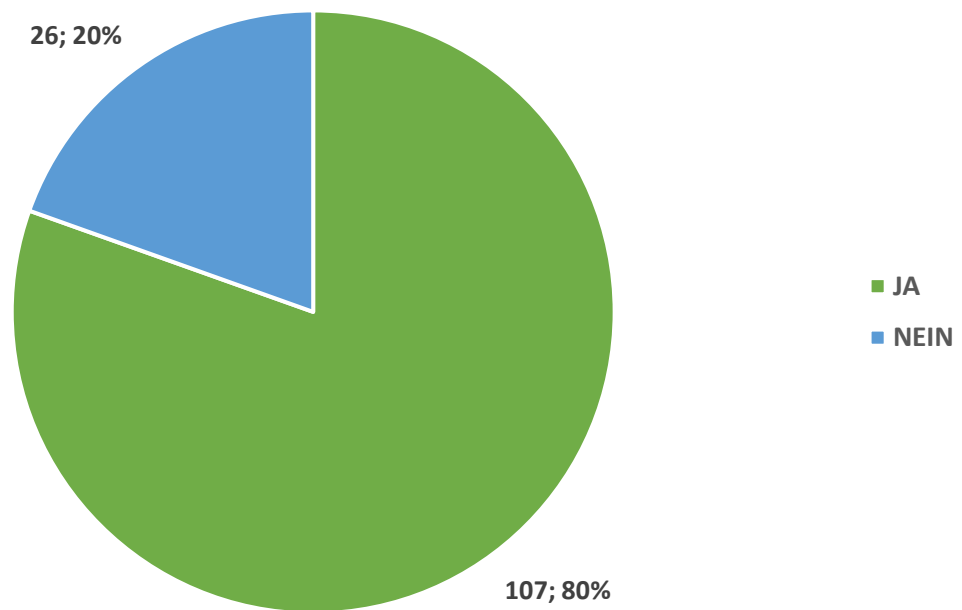


Abbildung 18: Angaben der subjektiven Zufriedenheit der Verantwortlichen Kolleg\*innen

Von den 26 Stützpunkten, die mit "Nein" geantwortet haben, gaben 11 Kolleg\*innen zusätzliche Rückmeldungen ab und teilten insgesamt 18 spezifische Materialwünsche mit. Die Anzahl der Antworten gliedert sich wie folgt (in alphabetischer Reihenfolge):

Gewünschtes Material	Anzahl der Antworten
Fibrinogen	4
Hämostatische Gaze	4
Erythrozytenkonzentrate	2
REBOA-Set	2
Thorakotomie-Set	2
Albumin	1
Calcium	1
Gelatine	1
Wärmekissen	1

Tabelle 3: Auflistung gewünschter Materialien von den Systemverantwortlichen Kolleg\*innen

Die 18 abgegebenen Materialwünsche wurden im Anschluss einer erneuten Kategorisierung unterzogen und grafisch aufbereitet. Dadurch konnte identifiziert werden, dass sich die Kolleg\*innen am häufigsten Produkte zur manuellen Blutstillung wünschen (44%), gefolgt von Blutprodukten (33%). Das Wärmekissen wurde in die Kategorie „Sonstiges“ eingeteilt.

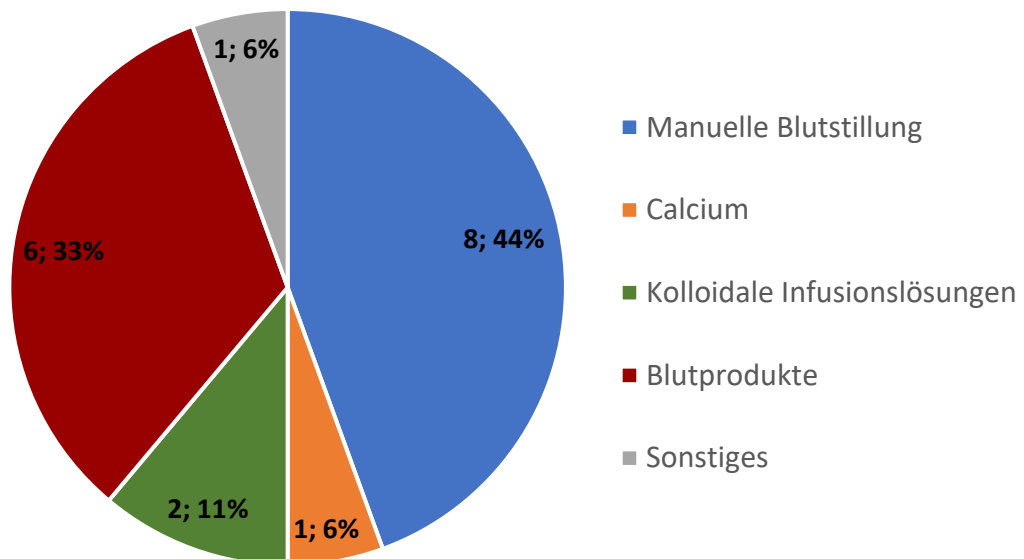


Abbildung 19: Grafische Darstellung der gewünschten Material-Kategorien

## 4. Diskussion

In einem entwickelten Notarzt\*innensystem wie Österreich, sollten bestimmte Materialien vorhanden sein, um besonders traumatische Blutungen versorgen zu können, welche hauptverantwortlich für eine hohe Mortalität innerhalb der ersten Stunden dieser Patient\*innen sind.

Da die Materialvorschreibungen zum Equipment von Notarzt\*inneneinsatzmittel in Österreich nicht einheitlich sind, musste von Unterschieden ausgegangen werden, welche bisher nicht erhoben worden sind.

### 4.1. Antworten auf die Forschungsfrage

Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten empfohlenen Materialien auf österreichischen Notarzt\*inneneinsatzmittel mitgeführt werden. Am häufigsten mitgeführt werden ein Beckengurt, kristalloide Infusionslösungen, Tranexamsäure und das Tourniquet-System. Mängel in der Ausrüstung gibt es bei Calcium, Fibrinogen und Wundverbänden. Invasive Maßnahmen, wie REBOA oder Blutprodukte sind bei aktuell geringem Empfehlungsgrad kaum vorhanden. Auch Thorakotomie-Sets scheinen nicht vorhanden zu sein, wobei einzelne Bestandteile nicht abgefragt wurden und möglicherweise mitgeführt werden. Aufgrund von regelmäßigen Neuauflagen von Richtlinien und Evidenz ist es wichtig das Equipment zu updaten, besonders für den Einsatz von kritischen Blutungen, bei welchen das Handeln von Notarzt\*innen einen Unterschied im Outcome machen kann.

Die Häufigkeit von Alarmierungen für Trauma-Einsätze, wie Arbeits-, Sport- oder Verkehrsunfälle, auf österreichischen Notarzt\*inneneinsatzmitteln ist im Vergleich zu internistischen und neurologischen Einsätzen geringer. Dies zeigt sich beispielsweise bei der Einsatzstatistik der ÖAMTC Flugrettung vom Jahr 2023, wo internistische und neurologische Notfälle etwa 48 % der Gesamtalarmierungen ausmachten, während traumatische Ereignisse lediglich einen Anteil von 34 % ausmachten. [34]

Im deutschsprachigen Raum ist im internationalen Vergleich eine wesentlich niedrigere Prävalenz von penetrierenden Verletzungen wie Schuss- oder Stichverletzungen bei Traumapatient\*innen festzustellen [35]. Dies impliziert auch eine geringere Notwendigkeit und Verwendung von Materialien zur Behandlung dieser Art von Verletzungen. Dennoch ist es wichtig, dass Teams regelmäßig auf solche Situationen vorbereitet und trainiert werden, um im Ernstfall das vorhandene Equipment schnell und effektiv einsetzen zu können. Es ist auch ratsam, regelmäßig gemeinsame Übungen mit anderen Einsatzorganisationen wie der Feuerwehr oder der Bergrettung durchzuführen, um Abläufe zu optimieren und die zeitnahe Versorgung im Ernstfall sicherzustellen.

#### 4.2. Vergleichende Erläuterungen

In Deutschland werden bereits Pilotprojekte wie die "Medical Interventions Cars" (MIC) des Universitäts-Klinikums Heidelberg und des Westfalz-Klinikums für die Umsetzung erweiterter notfallmedizinischer Maßnahmen durchgeführt. Diese Fahrzeuge sind mit spezieller Ausrüstung und Fachärzt\*innen besetzt, die bei indizierten Einsätzen beispielsweise Blut- und Gerinnungsprodukte verabreichen können, sowie komplexe Verfahren wie die Clamshell-Thorakotomie oder REBOA durchführen können. Die Erythrozytenkonzentrate werden im „Medical Intervention Car“ unter Einhaltung und Überwachung der Kühlkette in einem separaten Blutkühlschrank für den präklinischen Gebrauch gelagert. [36]

#### 4.3. Schlussfolgerungen

Die österreichischen Notärzt\*inneneinsatzmittel sind angemessen ausgestattet, um eine Basisversorgung traumatischer Blutungen zu gewährleisten. Allerdings gibt es noch Verbesserungspotenzial für den Umgang mit schwereren Verletzungsmustern, die spezielle Ausrüstung erfordern. Materialien wie Hämostatische Gaze oder ein Tourniquet-System benötigen wenig Platz und sollten daher auf jedem Rettungsmittel, sei es ein Rettungswagen oder ein Notärzt\*inneneinsatzmittel, verfügbar sein.

Der Grundsatz "stop the bleeding" sollte stets oberste Priorität haben.

#### 4.4. Kritische Reflexion/Einschränkungen zu Inhalt und Methode

Erschwert wurde die Evaluierung durch die verschiedene Handhabung der verantwortlichen Organisationen und deren zugehörigen Landesverbände. Es gibt keine österreichweite einheitliche Ausstattung der Notärzt\*inneneinsatzmitteln. Jede Organisation bzw. jedes Bundesland entscheidet selbst, was auf dem jeweiligen Stützpunkt mitgeführt wird. Von einigen Organisationen und Bundesländern erhielten wir eine zusammengefasste Evaluierung der einheitlichen Ausrüstung, was die Nachbearbeitung deutlich erleichterte. Besonders bei der Datenerhebung durch das Österreichische Rote Kreuz in der Steiermark gestaltete sich der Prozess bis zum Ende als sehr zeitaufwendig, da jeder der insgesamt 20 Stützpunkte einen separaten Fragebogen ausfüllen musste.

Es ist wichtig zu beachten, dass seit Abschluss der Umfrage im Mai 2023 keine Aktualisierungen bezüglich der Ausrüstung der Notärzt\*inneneinsatzmittel übermittelt wurden. Daher sind die beschriebenen Materialien lediglich eine Momentaufnahme und könnten sich bereits während der Finalisierung der Diplomarbeit verändert haben.

Die Umstellung der handschriftlichen Dokumentation auf digitale Aufzeichnungen ist in Österreich größtenteils noch nicht erfolgt, da viele noch auf die altbewährten papierbasierten Systeme setzen. Es ist jedoch ebenso wichtig, dass diese Daten lückenlos in das TraumaRegister DGU® übertragen werden können.

Ein weiterer Aspekt dieser Umfrage ist, dass der Großteil der Antworten von nicht-ärztlichem Personal stammt, was die Ergebnisse möglicherweise verfälschen könnte. Leider war es aufgrund der organisatorischen Struktur im Rettungsdienst in einigen Fällen nicht möglich, direkten Kontakt mit den zuständigen Notärzt\*innen herzustellen.

Es ist wichtig zu betonen, dass unsere Bewertungen und Schlussfolgerungen durch die geltenden Richtlinien unterstützt werden können. Gleichzeitig müssen wir jedoch beachten, dass diese Richtlinien möglicherweise nicht immer nahtlos auf die präklinische Umgebung übertragbar sind. Daher besteht ein kontinuierlicher Bedarf an Forschung, um spezifische Empfehlungen für präklinische Maßnahmen zu entwickeln, die tatsächlich wirksam sind. Dabei müssen wir die Unterschiede zwischen urbanen und ländlichen Einsatzgebieten sowie die verschiedenen Ressourcen wie Platz für Ausrüstungsgegenstände im Fahrzeug, Unterschiede zwischen boden- und luftgestützten Rettungsmitteln und die finanziellen Mittel der jeweiligen Organisation berücksichtigen.

#### 4.5. Implikationen für Theorie und Praxis

Eine bundesweite Optimierung der Materialverteilung wäre sinnvoll. Die Hämostatische Gaze und Israelibandage sind zwar auf der Hälfte der evaluierten Stützpunkte vorhanden, die Anzahl sollte jedoch in Anbetracht ihres hohen Empfehlungsgrades (A++ bzw. 1B) deutlich erhöht werden. Eine Überprüfung und mögliche Neuausrichtung der Materialverteilung helfen, um eine gleichmäßigere Versorgung sicherzustellen.

Die Unterschiede in der Verfügbarkeit verschiedener Materialien könnten auch auf unterschiedliche Bedarfe und Kenntnisse der Einsatzkräfte hinweisen. Eine Analyse dieser Unterschiede könnte dazu beitragen, gezielte Schulungsprogramme zu entwickeln, um das Bewusstsein für die Bedeutung bestimmter Ausrüstungsgegenstände zu schärfen und deren sachgerechte Verwendung sicherzustellen.

Angesichts der Dynamik von Notfallsituationen und medizinischen Bedürfnissen ist es wichtig, dass die Ausstattung und Versorgung der Einsatzmittel regelmäßig überprüft und bei Bedarf angepasst wird. Die vorliegenden Daten bieten eine Ausgangsbasis für kontinuierliche Evaluierungen und Optimierungen, um sicherzustellen, dass die Einsatzkräfte stets mit den erforderlichen Mitteln ausgestattet sind, um effektiv zu handeln.

#### 4.6. Ausblick und Anregungen für weiterführende Arbeiten

Im Bereich der Blutgerinnung besteht zweifellos ein anhaltender Bedarf an intensiver Forschung, um die hochkomplexen Abläufe, die dieses lebenswichtige physiologische System regeln, noch genauer zu verstehen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um den Patient\*innen eine optimale Versorgung zu bieten und potenziell lebensbedrohliche Komplikationen zu minimieren. Ebenso sind weitere Untersuchungen zur Bewertung des Nutzens der prähospitalen Verabreichung von Blutprodukten erforderlich.

Die Bereitstellung von Blut- und Gerinnungsprodukten außerhalb des Krankenhauses ist jedoch mit beträchtlichem Aufwand und Ressourcen verbunden, weshalb eine eingehende Kosten-Nutzen-Analyse unerlässlich ist. Diese Herausforderung wurde von den Teilnehmer\*innen, die mit dem Equipment unzufrieden waren, offenbar als besonders bedeutsam wahrgenommen. Dies legt nahe, dass die Verfügbarkeit von angemessenen Mitteln zur Blut- und Gerinnungsversorgung ein wesentlicher Faktor für die Zufriedenheit der Beteiligten ist.

Jedoch muss berücksichtigt werden, dass der Großteil der Fragebögen von Personen außerhalb des ärztlichen Bereichs ausgefüllt wurde, insbesondere von Notfallsanitäter\*innen in Österreich. Diese Gruppe könnte möglicherweise nicht die gleiche Sensibilität für die Herausforderungen und die Bedeutung der Bereitstellung von Blut- und Gerinnungsprodukten außerhalb des Krankenhauses haben wie ärztliches Fachpersonal. Daher könnte ihre Beteiligung den Anteil derjenigen, die diese Angelegenheit als kritisch betrachten, weiter vergrößern. Insgesamt verdeutlicht dies die Komplexität bei der Interpretation der Ergebnisse und unterstreicht die Notwendigkeit, die Hintergründe und Perspektiven der Teilnehmer\*innen bei der Analyse zu berücksichtigen.

Angesichts der spezifischen Struktur des notärztlichen Systems in Österreich und der im Vergleich zu den USA und dem Vereinigten Königreich deutlich geringeren Häufigkeit von penetrierenden Verletzungen fehlen jedoch präzise Daten, um eine fundierte Analyse durchzuführen [35].

Eine umfassende Analyse der aktuellen Datenlage und eine kritische Bewertung der verfügbaren Evidenz sind daher unerlässlich, um die präklinische Versorgung von traumatischen Blutungen durch Notärzt\*innen in Österreich kontinuierlich zu verbessern und das Outcome der Patient\*innen zu optimieren.

In Österreich beteiligen sich 30 Krankenhäuser am TraumaRegister DGU®, das von den Kliniken hauptsächlich zur Qualitätssicherung genutzt wird. Es dient auch als bedeutende Quelle für klinische Forschung und Versorgungsforschung. Die Daten umfassen vier aufeinanderfolgende Phasen: Präklinik, Schockraum und OP, Intensivstation sowie Entlassung. Sie bieten detaillierte Informationen über Demografie, Verletzungsmuster, Komorbiditäten, präklinisches und klinisches Management, intensivmedizinischen Verlauf sowie wichtige Laborbefunde wie Transfusionsdaten. Das Register enthält auch Daten zum Outcome der Patient\*innen, einschließlich ihres Zustands bei Entlassung.[3]

Für zukünftige Entwicklungen ist eine präzise Dokumentation, einschließlich des zeitlichen Verlaufs der präklinischen Phase und ihrer Durchführung, von entscheidender Bedeutung. Eine verstärkte Beteiligung österreichischer Krankenhäuser am TraumaRegister DGU® wäre von entscheidender Bedeutung für die Förderung von Forschung und Entwicklung.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Hamp T, Weidenauer D. Lehrbuch Tertiäre Notfall- und Intensivmedizin. Springer Wien; 2012.
- [2] Zaage J, Marintschev I. Komplikationen und Komplikationsvermeidung beim Abdominaltrauma. Trauma Berufskrankh 2005;7:S194–201. <https://doi.org/10.1007/s10039-004-0863-z>.
- [3] Nienaber U. Jahresbericht 2022 TraumaRegister DGU®. 2022.
- [4] Rossaint R, Afshari A, Bouillon B, Cerny V, Cimpoesu D, Curry N, et al. The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. Crit Care 2023;27:80. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04327-7>.
- [5] Bouillon B et al.; Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). S3 – Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung 2023.
- [6] Forrest M, Lax P, van der Welde J. Anaesthesia, Trauma and Critical Care Course Manual 2014. 2014 n.d.
- [7] Shipman N, Lessard CS. Pressure Applied by the Emergency/Israeli Bandage. Mil Med 2009;174:086–92. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-00-9908>.
- [8] Smith AA, Ochoa JE, Wong S, Beatty S, Elder J, Guidry C, et al. Prehospital tourniquet use in penetrating extremity trauma: Decreased blood transfusions and limb complications. J Trauma Acute Care Surg 2019;86:43–51. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002095>.
- [9] Lechner R, Kulla M, Josse F, Hossfeld B. Prähospitaler Anlage von Tourniquets zur Kontrolle massiver Extremitätenblutungen – ein Update. Notarzt 2019;35:45–53. <https://doi.org/10.1055/a-0815-6703>.
- [10] Kowalski A, Brandis D. Shock Resuscitation. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
- [11] Josse F, Stöhr A, Lechner R, Helm M, Hossfeld B. Prähospitaler Strategien zur Minimierung des Blutverlustes. AINS - Anästhesiol · Intensivmed · Notfallmedizin · Schmerzther 2020;55:603–19. <https://doi.org/10.1055/a-0967-1586>.

- [12] Allison HA. Hemorrhage Control: Lessons Learned From the Battlefield Use of Hemostatic Agents That Can Be Applied in a Hospital Setting. *Crit Care Nurs Q* 2019;42:165–72. <https://doi.org/10.1097/CNQ.0000000000000249>.
- [13] Scott I, Porter K, Laird C, Greaves I, Bloch M. The prehospital management of pelvic fractures: initial consensus statement. *Emerg Med J* 2013;30:1070–2. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2013-203211>.
- [14] Chesser TJS, Cross AM, Ward AJ. The use of pelvic binders in the emergent management of potential pelvic trauma. *Injury* 2012;43:667–9. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.04.003>.
- [15] Wortmann M, Engelhart M, Elias K, Popp E, Zerwes S, Hyhlik-Dürr A. „Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta“ (REBOA): Aktuelles zu Material, Indikationen und Grenzen: ein Überblick. *Chir* 2020;91:934–42. <https://doi.org/10.1007/s00104-020-01180-0>.
- [16] Jansen JO, Hudson J, Cochran C, MacLennan G, Lendrum R, Sadek S, et al. Emergency Department Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta in Trauma Patients With Exsanguinating Hemorrhage: The UK-REBOA Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2023. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.20850>.
- [17] Rudolph M, Lange T, Göring M, Schneider NRE, Popp E. Clamshell-Thorakotomie im Rettungsdienst und Schockraum: Indikationen, Anforderungen und Technik. *Notarzt* 2019;35:199–207. <https://doi.org/10.1055/a-0869-7162>.
- [18] Shah A, Kerner V, Stanworth SJ, Agarwal S. Major haemorrhage: past, present and future. *Anaesthesia* 2023;78:93–104. <https://doi.org/10.1111/anae.15866>.
- [19] Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH-2): a randomised, placebo-controlled trial 2010;376.
- [20] The PATCH-Trauma Investigators and the ANZICS Clinical Trials Group. Prehospital Tranexamic Acid for Severe Trauma. *N Engl J Med* 2023;NEJMoa2215457. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2215457>.

- [21] Hilbert-Carius P, Schwarzkopf D, Reinhart K, Hartog CS, Lefering R, Bernhard M, et al. Synthetic colloid resuscitation in severely injured patients: analysis of a nationwide trauma registry (TraumaRegister DGU). *Sci Rep* 2018;8:11567. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30053-0>.
- [22] Crombie N, Doughty HA, Bishop JRB, Desai A, Dixon EF, Hancox JM, et al. Resuscitation with blood products in patients with trauma-related haemorrhagic shock receiving prehospital care (RePHILL): a multicentre, open-label, randomised, controlled, phase 3 trial. *Lancet Haematol* 2022;9:e250–61. [https://doi.org/10.1016/S2352-3026\(22\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S2352-3026(22)00040-0).
- [23] Pérez-Gómez F, Bover R. The New Coagulation Cascade and Its Possible Influence on the Delicate Balance Between Thrombosis and Hemorrhage n.d.
- [24] Petros S. Pathophysiologie der Blutung. *Med Klin - Intensivmed Notfallmedizin* 2021;116:475–81. <https://doi.org/10.1007/s00063-021-00844-x>.
- [25] Palta S, Saroa R, Palta A. Overview of the coagulation system. *Indian J Anaesth* 2014;58:515. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.144643>.
- [26] Kornblith LZ, Moore HB, Cohen MJ. Trauma-induced coagulopathy: The past, present, and future. *J Thromb Haemost* 2019;17:852–62. <https://doi.org/10.1111/jth.14450>.
- [27] Moore EE, Moore HB, Kornblith LZ, Neal MD, Hoffman M, Mutch NJ, et al. Trauma-induced coagulopathy. *Nat Rev Dis Primer* 2021;7:30. <https://doi.org/10.1038/s41572-021-00264-3>.
- [28] Kushimoto S. Acute traumatic coagulopathy and trauma-induced coagulopathy: an overview 2017.
- [29] Fecher A, Stimpson A, Ferrigno L, Pohlman TH. The Pathophysiology and Management of Hemorrhagic Shock in the Polytrauma Patient. *J Clin Med* 2021;10:4793. <https://doi.org/10.3390/jcm10204793>.
- [30] Lier H, Bernhard M, Hossfeld B. Hypovolämisch-hämorrhagischer Schock. *Anaesthesist* 2018;67:225–44. <https://doi.org/10.1007/s00101-018-0411-z>.
- [31] Okada K, Matsumoto H, Saito N, Yagi T, Lee M. Revision of ‘golden hour’ for hemodynamically unstable trauma patients: an analysis of nationwide

- hospital-based registry in Japan. *Trauma Surg Acute Care Open* 2020;5:e000405. <https://doi.org/10.1136/tsaco-2019-000405>.
- [32] Helfen T. *BASICS Notfall- und Rettungsmedizin*, 4. Auflage. Elsevier GmbH; 2020.
- [33] Redelsteiner C, Kuderna H, Kühberger R, Baubin M, Feichtelbauer E, Prause G, et al. *Das Handbuch für Notfall- und Rettungssanitäter (Betreuung nach Leitsymptomen)*. 2nd ed. 2011.
- [34] ÖAMTC Flugrettung Einsatzstatistik 2023.pdf. ÖAMTC-Flugrettung 2023 Österr 20823 Einsätze 2024. <https://www.oeamtc.at/news/oeamtc-flugrettung-2023-oesterreichweit-20-823-einsaetze-64940243> (accessed February 14, 2024).
- [35] Jänig C, Willms C, Schwietring J, Güssgen C, Willms A, Didion N, et al. Patients at Risk for Transfusion—A Six-Year Multicentre Analysis of More Than 320,000 Helicopter Emergency Medical Service Missions. *J Clin Med* 2023;12:7310. <https://doi.org/10.3390/jcm12237310>.
- [36] Prof. Dr. med. Erik Popp. Universitätsklinikum Heidelberg: Medical Intervention Car (MIC) n.d. <https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/kliniken-institute/kliniken/klinik-fuer-anaesthesiologie/ueber-uns/notfallmedizin/notaerztliche-taetigkeit/medical-intervention-car-mic>.

## 6. Anhang

### Anhang 1 – Fragebogen

# Evaluierung des präklinischen Equipments zur Kontrolle traumatischer Blutungen auf Notarzteinsetzmittel

Diplomarbeit von Gerald Schützelhofer ausgeführt an der Medizinischen Universität Graz,  
Klinische Abteilung für Allgemeine Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin

Unter der Anleitung von Univ. FA Priv.Doz.DDr. Paul Zajic, DESA und  
Dr. med.univ. Michael Eichinger MSc.

\* Gibt eine erforderliche Frage an



#### Persönliche Daten

##### 1. Ihre Organisation \*

Markieren Sie nur ein Oval.

- Österreichisches Rotes Kreuz
- Berufsrettung Wien
- Samariterbund
- ARA Flugrettung
- Martin Flugrettung
- ÖAMTC Flugrettung
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

2. Ihr Bundesland \*

Markieren Sie nur ein Oval.

- Burgenland
- Kärnten
- Niederösterreich
- Oberösterreich
- Salzburg
- Steiermark
- Tirol
- Vorarlberg
- Wien

3. Ihr Einsatzmittel \*

Markieren Sie nur ein Oval.

- Notarzwagen (NAW)
- Notarzteinsatzfahrzeug (NEF)
- Rettungshubschrauber (RTH)
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

4. Ihre Dienststelle

\_\_\_\_\_

## Material

Welches von diesem Equipment steht Ihnen aktuell auf Ihrem Notfalleinsatzmittel zur Verfügung? Bitte geben Sie nur den aktuellen Stand an, nicht jedoch geplante Änderungen!

### 5. Beckengurt \*

Markieren Sie nur ein Oval.



T-Pod

Sonstiges: \_\_\_\_\_



SAM Pelvic Sling

6. Manuelle Blutstillung\*

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.



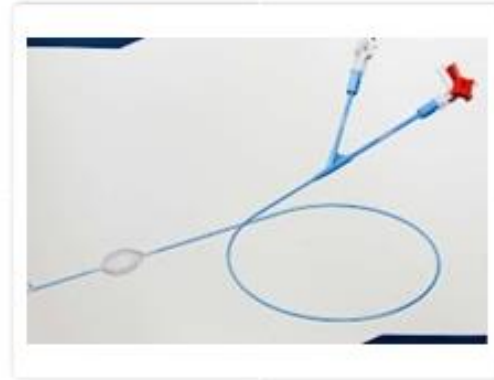
Torniquet-System



Hämostatische Gaze  
(Woundclot/etc.)



Israelibandage



REBOA

Sonstiges: \_\_\_\_\_



Thorakotomie-Set (Clamshell)

7. Calcium



Markieren Sie nur ein Oval.

- Ja  
 Nein

8. Tranexamsäure (TXA)\*



Markieren Sie nur ein Oval.

1 2 3 4

Ampulle     Ampullen

9. Kristalloide Infusionslösungen

Wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus.



Elomel-Isoton



Elomel-Semiton



NaCl 0,9%



Ringer-Laktat

Sonstiges: \_\_\_\_\_

10. Kolloidale Infusionslösungen

Markieren Sie nur ein Oval.



Albumin



Dextrane (Deltadex, etc.)



Gelatine (Geloplasma, Gelofusine, etc.)



Hydroxyethylstärke (HAES, Voluven, etc.)

## 11. Blutprodukte

Markieren Sie nur ein Oval.



Erythrozyten-Konzentrate



Fresh Frozen Plasma (FFP)



LyoPlas (gefriergetrocknetes Plasma)



Haemocompletan (humanes Fibrinogen)

## Zufriedenheit

Bitte beschreiben Sie, wie Sie Ihre Ausstattung subjektiv wahrnehmen.

12. Glauben Sie auf Ihrem Notfallmittel alle notwendigen Materialien für eine optimale Versorgung traumatischer Blutungen mitzuführen?

*Markieren Sie nur ein Oval.*

Ja Wechseln Sie zu Abschnitt 6 (Ende)

Nein

## Equipment Wünsche

13. Wenn NEIN, was würden Sie sich wünschen mitzuführen und weshalb?

---

---

## Ende

Vielen Dank für Ihre geschätzte Mitarbeit.

Für weitere Fragen oder Ideen freuen wir uns über Ihre Mitteilung.

Kontakt: Gerald Schützelhofer ([g.schuetzelhofer@stud.medunigraz.at](mailto:g.schuetzelhofer@stud.medunigraz.at)) und

Dr. Michael Eichinger ([Michael.eichinger@medunigraz.at](mailto:Michael.eichinger@medunigraz.at))

---