

Aus der Klinik für Anästhesiologie  
(Prof. Dr. med. K. Meissner)  
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

---

**Zeitbedarf für die präklinische Ganzkörperimmobilisation  
bei Schwerverletzten**

-

**Ein Vergleich von Spineboard und  
Schaufeltrage/Vakuummatratze**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizinischen Fakultät  
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von  
Martin Riffelmann, geb. Segref  
aus Lennestadt

Göttingen 2022

**Dekan:** Prof. Dr. med. W. Brück  
**Referent:** .....  
**Ko-Referent:** .....  
**Drittreferent:** .....

**Datum der mündlichen Prüfung:** .....

---

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Zeitbedarf für die präklinische Ganzkörperimmobilisation bei Schwerverletzten - Ein Vergleich von Spineboard und Schaufeltrage/Vakuummatratze" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den ..... ..

**Die Daten, auf denen die vorliegende Arbeit basiert, wurden teilweise publiziert:**

Roessler M, Segref M, Schneider S, Schmid O, Quintel M (2012): Zeitbedarf für die Wirbelsäulenimmobilisation von Verletzten: Vakuummatratze vs. Spineboard. *Anästh Intensivmed* 53, 33

Roessler MS, Riffelmann M, Kunze-Szikszay N, Lier M, Schmid O, Haus H, Schneider S, Heuer JF (2021): Vacuum mattress or long spine board: which method of spinal stabilisation in trauma patients is more time consuming? A simulation study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 29

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Überblick .....	1
1.2 Aufbau und Funktion der Wirbelsäule.....	2
1.3 Immobilisation früher und heute.....	3
1.4 Kinetik der Wirbelsäulenverletzung .....	10
1.5 Epidemiologie des spinalen Traumas – Zahlen und Fakten.....	13
1.6 Präklinische Rettung & Wirbelsäulenimmobilisation .....	18
1.6.1 Rettungssysteme.....	18
1.6.2 Zeitaufwand der präklinischen Versorgung.....	22
1.7 Präklinische Wirbelsäulenimmobilisation .....	24
1.8 Aufgabenstellung.....	30
1.8.1 Grundfragestellung.....	30
1.8.2 Ergänzende Fragestellungen .....	30
<b>2 Material und Methoden.....</b>	<b>32</b>
2.1 Studiendesign .....	32
2.2 Materialien.....	34
2.2.1 Vakuummatratze, Schaufeltrage und Absaugpumpe.....	34
2.2.2 Das Spineboard mit Gurtsystem und Kopffixation .....	36
2.2.3 Die HWS-Orthese .....	39
2.2.4 Sonstiges Material .....	40
2.3 Instruktionsvideo .....	41
2.4 Das Log-Roll-Manöver zur achsengerechten Patientenbewegung .....	42
2.5 Immobilisation auf der Vakuummatratze.....	43
2.6 Immobilisation auf dem Spineboard.....	47
2.7 Teilnehmer der Studie .....	54
2.8 Untersuchungsbedingungen .....	56
2.9 Datenerfassung.....	59

2.10	Statistische Analyse .....	59
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>60</b>
3.1	Immobilisationsdauer mit Vakuummatratze und Spineboard.....	60
3.2	Zusammenhang von Immobilisationsdauer und örtlicher Bedingung.....	64
3.3	Zusammenhang von Immobilisationsdauer und Teilnehmerqualifikation...	66
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>68</b>
4.1	Ergebnisinterpretation.....	68
4.2	Der Faktor Zeit in der präklinischen Notfallmedizin.....	70
4.3	Welche Patienten sollten immobilisiert werden? .....	71
4.4	Limitationen und methodische Einschränkungen .....	74
4.5	Abschlussbetrachtung und Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis.....	77
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>78</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>80</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Auszug aus dem Edwin Smith Papyrus.....	4
Abbildung 2: Knochenheilung und -ausrichtung im Russland des 17. Jahrhunderts. ....	6
Abbildung 3: Sanitätswagen um 1885.....	8
Abbildung 4: An der Front in der Sowjetunion, Mitte Februar 1944. ....	9
Abbildung 5: Anteil der Unfallmechanismen 1996-1999 mit Verdacht auf HWS-Beteiligung. ....	17
Abbildung 6: Phänomen Granit 30 als Sanitätskraftwagen der Wehrmacht.....	19
Abbildung 7: Ferno KED 125.....	26
Abbildung 8: Modifizierte Canadian C-Spine.....	28
Abbildung 9: Vielkammer-Vakuummatratze von Schnitzler. ....	34
Abbildung 10: Absaugpumpe ACCUVAC Rescue© von Weinmann. ....	35
Abbildung 11: Schaufeltrage aus Aluminium. Firma Söhngen. ....	36
Abbildung 12: Spineboard BaxStrap der Firma Laerdal mit Kopffixierung.....	37
Abbildung 13: Vierfache Gurtsicherung am Spineboard. ....	38
Abbildung 14: Positionen der vier Sicherungsgurte. ....	38
Abbildung 15: Kopffixierung auf dem Spineboard .....	39
Abbildung 16: HWS-Immobilisation mit Stifneck® und SpeedBlocks™.....	40
Abbildung 17: Ausschnitt aus dem Videoclip zur Immobilisation auf der Vakuummatratze. ....	41
Abbildung 18: Griffpositionen der vier Helfer beim Log-Roll.....	42
Abbildung 19: Zeitbedarf zur Immobilisation.....	61

Abbildung 20: Gesamtzeit in Sekunden für beide Methoden.....	65
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Gesamtzeit und Qualifikation.....	67
Abbildung 22: Ablaufschema zur Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule. ....	73



## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: AO-Frakturklassifikation .....	12
Tabelle 2: Ausgewählte Inzidenzen und Prävalenzen von Wirbelsäulenverletzungen .....	13
Tabelle 3: Vorerfahrungsniveau der Teilnehmergruppen in der präklinischen Patientenversorgung .....	55
Tabelle 4: Detaillierte Übersicht der Studientage, Teilnehmergruppen und Rahmenbedingungen. ....	57
Tabelle 5: Verteilung der Probandencharakteristika im Bezug zu beiden Immobilisationsmethoden.....	62
Tabelle 6: Ergebnisse der Varianzanalyse.....	63
Tabelle 7: Zeitbedarf für die Immobilisation in Abhängigkeit von der örtlichen Bedingung "ideal" oder "realistisch". ....	64
Tabelle 8: Zeitbedarf für die Immobilisation in Abhängigkeit von der Qualifikation des Personals. ....	66

## **Abkürzungsverzeichnis**

aRA	Auszubildende zum Rettungsassistenten
ATLS	Advanced Trauma Life Support
BMI	Body Mass Index
BWS	Brustwirbelsäule
CCS	Canadian C-Spine (Rule)
CT	Computertomographie
EKG	Elektrokardiogramm
FFWGÖ	Freiwillige Feuerwehr Göttingen
FRFFW	First Responder (der) Freiwilligen Feuerwehr
HWS	Halswirbelsäule
ITLS	International Trauma Life Support
KED	Kendrick Extrication Device
LWS	Lendenwirbelsäule
MILS	Manuelle In-Line-Stabilisierung
NEXUS	The National Emergency X-Radiography Utilization Study
OSG	Oberes Sprunggelenk
PHTLS	Pre Hospital Trauma Life Support
RettAss	Rettungsassistent
SB	Spineboard
StudMed	Medizinstudenten
VM	Vakuummatratze

# 1. Einleitung

## 1.1 Überblick

In Deutschland stehen Unfälle an fünfter Stelle der Todesursachenstatistik und an erster Stelle der Ursachen für verlorene Lebensjahre. Aus sozioökonomischer Sicht haben unfallbedingte Todesfälle eine höhere Relevanz als bösartige Neubildungen oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Untersuchungen in den USA ergaben einen mittleren Verlust von 35 Lebensjahren nach Trauma, während für bösartige Neubildungen 16 Jahre und bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen ein Verlust von 13 Jahren berechnet wurde (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e. V. 2012).

Bei Unfallverletzten ist von einer Verletzung der Wirbelsäule auszugehen, solange dies nicht durch klinische oder diagnostische Untersuchungen ausgeschlossen werden konnte. In der S3-Leitlinie Polytrauma lautet die Schlüsselempfehlung zum Transport Wirbelsäulenverletzter: „Der Transport soll möglichst schonend und unter Schmerzfreiheit erfolgen“ (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie 2016). In Deutschland wird diese Immobilisation häufig mittels Vakuummattmatratze (VM) durchgeführt, nicht zuletzt weil diese zur geforderten Ausstattung von Krankenkraftwagen Typ B/C (DIN EN 1789) gehört (Gorgaß 2001).

Es kann aber auch ein langes Wirbelsäulenbrett (Spineboard, SB) zur Immobilisation eingesetzt werden, welches im angloamerikanischen Sprachraum bevorzugt wird. Somit stehen prinzipiell zwei Methoden für die Immobilisation der Wirbelsäule zur Verfügung.

Da bei der Versorgung von Unfallverletzten, vor allem von Schwerstverletzten, die Verweildauer am Einsatzort so kurz wie möglich sein soll (Cowley 1976), ist es wichtig zu wissen, wie viel Zeit die Durchführung der notwendigen präklinischen Maßnahmen benötigt. In dieser Studie wurde daher untersucht, wie groß der Zeitbedarf für die Verwendung der beiden genannten Hilfsmittel zur Immobilisation unter verschiedenen Bedingungen ist.

## 1.2 Aufbau und Funktion der Wirbelsäule

„Die Wirbelsäule besteht anatomisch betrachtet aus 33-34 eng assoziierten Wirbeln (Vertebrae). Mit Ausnahme des 1. und 2. Halswirbels (C1 und C2; C für lat.:cervical) am oberen Ende der Wirbelsäule und den zusammengewachsenen Wirbeln des Kreuz- und Steißbeins am unteren Ende der Wirbelsäule ähneln sich alle Wirbel in Form, Struktur und Beweglichkeit. Den größten Anteil bildet der anterior gelegene Wirbelkörper (Corpus vertebrae). Die Wirbelkörper werden durch die Bandscheiben (Zwischenwirbelscheibe, Discus intervertebralis) miteinander verbunden, die eine Stoßdämpferfunktion erfüllen. Jeder Wirbelkörper stützt das Gewicht der Wirbelsäule und des Körpers oberhalb von ihm. Der Wirbelbogen (Arcus vertebrae) ist ein knöcherner Bestandteil jeden Wirbels: Er beginnt beidseits mit den Wirbelbogenfüßchen (Pediculus arcus vertebrae), die sich im Wirbelbogen (Arcus vertebrae) vereinigen. Der Wirbelbogen und der hintere Teil eines Wirbelkörpers bilden annähernd eine Kreisform, wodurch das sogenannte Wirbelloch (Foramen vertebrale) entsteht. Der Dornfortsatz ist ein vom Wirbelbogen ausgehender, nach dorsal zeigender Fortsatz. Bei den unteren 5 Halswirbeln ist er direkt nach hinten (dorsal), bei den thorakalen und lumbalen Wirbeln eher ein wenig fußwärts (kaudal) gerichtet. Die meisten Wirbel verfügen über ähnlich gestaltete seitliche Ausziehungen (Protuberanzen), die man als Querfortsätze bezeichnet. Quer- und Dornfortsätze dienen dem Ansatz von Bändern und Muskeln und ermöglichen somit Bewegungen.

Da alle Wirbellöcher übereinander liegen, bilden sie gemeinsam den Wirbelkanal, in dem das Rückenmark verläuft. Dieses wird folglich durch die umgebenden knöchernen Strukturen der Wirbel gegen Verletzungen geschützt. Die einzelnen Wirbel sind so miteinander verbunden, dass sich eine doppelt S-förmige Krümmung ergibt, die eine große Beweglichkeit bei gleichzeitiger Stabilität ermöglicht. Man unterteilt die Wirbelsäule in fünf Abschnitte: Von Kopf nach Fuß handelt es sich hierbei um die zervikale (Halswirbelsäule, HWS), thorakale (Brustwirbelsäule, BWS), lumbale (Lendenwirbelsäule, LWS), sakrale (Kreuzbein) und kokzygeale (Steißbein) Region. Die einzelnen Wirbel werden mit Buchstaben und Zahlen benannt, wobei jeweils von oben nach unten gezählt wird.

So wird z. B. der 1. zervikale oder Halswirbel C1 genannt, der 3. thorakale oder Brustwirbel Th3 und der 5. lumbale oder Lendenwirbel L5. Bis zum Kreuzbein muss ein einzelner Wirbel umso mehr Körpergewicht tragen, je weiter fußwärts er liegt. Somit wird die Wirbelsäule von C1 nach L5 zunehmend massiver und größer, um dem zunehmenden Gewicht und den damit steigenden Belastungen standzuhalten.

Am oberen Ende der Wirbelsäule befinden sich die sieben zervikalen (Hals-)Wirbel, die den Kopf stützen und balancieren. Dabei ist die Halswirbelsäule sehr flexibel, damit der Kopf den erforderlichen Bewegungsspielraum von etwa 180° erhält. Als nächstes folgen die zwölf thorakalen (Brust-)Wirbel. Jedes Paar Rippen ist posterior mit einem Brustwirbel verbunden. Anders als die Halswirbelsäule (HWS) ist die Brustwirbelsäule (BWS) daher relativ unbeweglich. Unter der BWS befindet sich die lumbale (Lenden-)Wirbelsäule (LWS), die aus fünf Wirbeln besteht. Diese sind die massivsten von allen Wirbeln. Die LWS ist ebenfalls flexibel und erlaubt Bewegungen in mehreren Richtungen. Die fünf Sakral- oder Kreuzbeinwirbel sind fest miteinander zum Kreuzbein verwachsen, gleichermaßen formen die vier oder fünf verwachsenen Steißbeinwirbel das kaudale Steißbein und damit den tiefsten Teil der Wirbelsäule“ (Bernhardt und Hänzi 2009).

„Das vordere Längsband (Ligamentum longitudinale anterius) verbindet die Wirbelkörper an der ventralen Seite der corpora vertebrae. Das hintere Längsband verbindet die Wirbelkörper an der dorsalen Seite der corpora vertebrae und an den Bandscheiben innerhalb des Spinalkanals. Die Bänder zwischen den Dornfortsätzen unterstützen Flexions- und Extensionsbewegungen (vor- und rückwärts). Andere Bänder zwischen den Bogenplatten bieten eine Stützfunktion während der lateralen Flexion (seitlicher Biegung). Bänder und Muskeln halten die Wirbelsäule von der Schädelbasis bis zum Becken zusammen. Sie bilden eine Hülle, welche die knöchernen Teile der Wirbelsäule umgibt, in ihrer Form hält und Bewegungen erlaubt. Reißen diese Bänder oder Muskeln, können sich einzelne Wirbel relativ zu den anderen übermäßig bewegen. Die Dislokation und/oder Fraktur eines oder mehrerer Wirbel kann den Spinalkanal einengen und somit das Rückenmark schädigen. Dieses enthält bekanntlich zahlreiche sensorische wie motorische Nervenbahnen samt Stützsubstanz, die uns einen großen Teil unserer Körperfunktionen und Lebensqualität erlauben“ (Bernhardt und Hänzi 2009).

### **1.3 Immobilisation früher und heute**

Schon lange vor unserer Zeit wusste man um die tragende Rolle der Wirbelsäule als Rückgrat des Homo sapiens, die dem Menschen den aufrechten Gang ermöglicht und letztlich den Stützpfiler unserer Lebensqualität symbolisiert.

Das älteste bekannte Dokument, das sich mit der Pathologie der Wirbelsäule beschäftigt ist das sogenannte Edwin Smith – Papyrus. Dabei handelt es sich um 48 auf Papyrus geschriebene Fallbeispiele von (Wirbelsäulen-)Verletzungen aus dem siebzehnten Jahrhundert vor Christus, welche in einer ägyptischen Grabstätte entdeckt und erst 1930 erfolgreich übersetzt wurden. Die Beschreibungen der Anatomie, der autonomen Dysfunktion, von Priapismus und Blaseninkontinenz nach spinalem Trauma, lassen den Schluss zu, dass (ägyptische) Ärzte schon vor 3500 Jahren die vitalen Funktion einer intakten Wirbelsäule erkannt hatten (van Middendorp et al. 2010).



Abbildung 1: Auszug aus dem Edwin Smith Papyrus. Sammlung von Fallbeispielen zum Thema Wunde/Trauma aus der Zeit um 1600 v. Chr. (Ägypten). Gemeinfrei.

Auch der griechische Arzt Galen von Pergamon (130-200 nach Christus) beschäftigte sich im zweiten Jahrhundert nach Christus ausgiebig mit dem Aufbau und der Funktion der menschlichen Wirbelsäule (Marketos and Skiadas 1999b). Sechs Jahrhunderte vor ihm setzte sich ein Pionier unserer heutigen Medizin und Urvater der Wirbelsäulen Chirurgie - Hippokrates - in Ansätzen mit der Therapie von Wirbelverletzungen auseinander (Marketos and Skiadas 1999a). Die Konzepte reichten über Insufflation von Luft in den Darm zur Reposition von dislozierten Wirbeln, das Aufhängen an den Füßen zum Korrigieren von Rückendeformitäten,

bis hin zu detaillierten Beschreibungen der Querschnittssymptomatik mit schlaffer Muskellähmung, Sensibilitätsverlust und Harninkontinenz (Xarchas and Bourandas 2003).

Im Mittelalter trug der italienische Gelehrte, Chirurg und spätere Bischof von Cervia, Theodorico Borgognoni (1205-1298), seinerzeit bedeutende Überlegungen zum Umgang mit akuten Wirbelsäulenverletzungen bei. Die von ihm beschriebenen Techniken zur Stabilisierung und Behandlung von Wirbeltraumata ähnelten bereits teilweise denen zeitgenössischer Neurochirurgen. Die von ihm beschriebene manualtherapeutische Vorgehensweise bei Wirbel-Dislokationen ist recht rabiat:

“ . . . put a sling under the jaw . . . hold each end of the sling firmly while lifting upward, putting one foot on one of the patient’s shoulders, the other on the other, so that pressing down with the feet and pulling hard on the sling with the hands, the vertebrae may be forced to align rightly by reason of tension, and return to proper articulation . . . lay the patient on his back . . . draw his head upward gently and align the vertebrae by pressure and manipulation. And when they are properly aligned, apply a comforting plaster, and cover it with dressings, and thereon bind a splint the length and width of the neck, and tie it to the head at one end and under the armpits at the other, so that the bandaging does not fall to the throat and become loose. These should be applied with bandages according to the individuals conformation.”

Oder an anderer Stelle:

“And first bind the patient down with wide bands from below the armpits to the shoulders, and lower down, over the hips and around the thighs . . . and be drawn tight from the two directions . . . that may be drawn tighter by assistants . . . apply pressure over the gibbosity with the palms and heels of the hands, pushing the protruding part inward until it returns to its proper place. And if it should be necessary to sit upon the patient, do so . . . the work should be done so, with zeal and ingenuity, until all is straight . . .”

Ebenso beschrieb er im 13. Jahrhundert die Folgen einer ernsten spinalen Verletzung:

“The symptoms of this condition are the emissions of feces and urine which occur involuntarily from the weakness of the vesical and anal muscles. . . . When vertebrae of the back are completely dislocated, the result is inevitably fatal. If the displacement is great, though not complete, the result is mortal too, because of the narrowing of the canal. . . .” (Deshaies et al. 2004)

Eine maßgeblich korrektere Darstellung der Anatomie erfolgte später erst zur Mitte des 16. Jahrhunderts (Benini and Bonar 1996).

In Europa wusste man also schon vor vielen Jahrhunderten um die besondere Bedeutung einer gesunden menschlichen Wirbelsäule. Untenstehende Abbildung verdeutlicht die archaischen Maßnahmen noch zur Mitte des 17. Jahrhunderts (Oborin 1969):

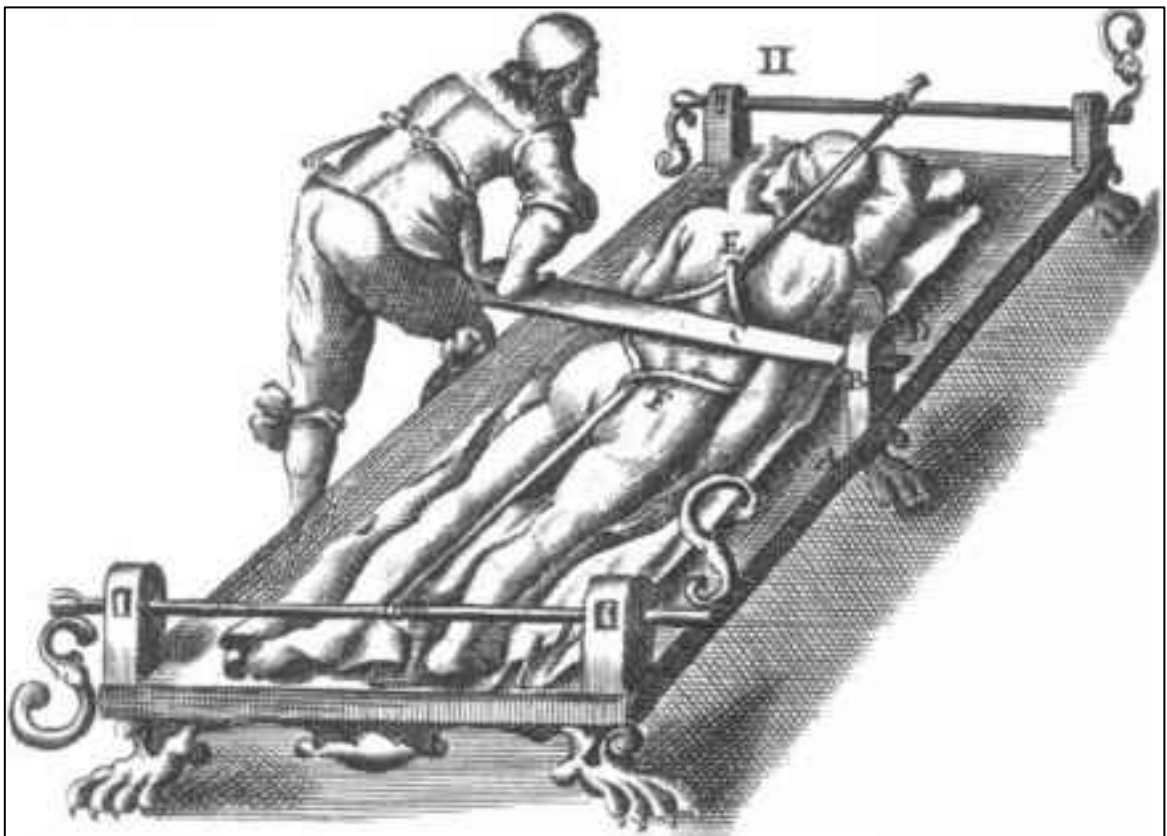


Abbildung 2: Knochenheilung und -ausrichtung im Russland des 17. Jahrhunderts. Mit freundlicher Genehmigung der University of Glasgow Library.



Später, im 19. Jahrhundert, als auch Verletzungen durch Feuerwaffen eine zunehmende Bedeutung erlangten, äußerte sich ein amerikanischer Chirurg bereits differenziert zur Primärversorgung Wirbelsäulenverletzter:

“Care should be taken at every step that the injury of the spinal cord be not increased by the employment of any unnecessary violence in handling or moving the patient. After the receipt of the injury, the coat, waistcoat, and shirt should not be removed by pulling them off over his head, as generally practised; for, by taking them off in this way, there is a great risk of increasing the displacement of the fragments, thereby increasing the lesion of the cord; but the clothing should be carefully cut off from him with a scissors or a sharp knife. In all case, of paraplegia produced by violence, the safest way will be to conduct the treatment on the hypothesis that the spine is fractured, until a contrary diagnosis is clearly established. For the purpose of removing the patient to his home or to the hospital, he should be carefully placed in a recumbent position upon a litter, or a door removed from its hinges. If the fracture be located in the cervical or superior dorsal region, his head should at the same time be carefully steadied by pillows or cushions placed on each side of it. At the hospital, he should be placed upon a water-bed, or, in its absence, upon a soft mattress, for treatment,...” (Lidell 1864)

Mit dem vermehrten Aufkommen (motorisierter) Fahrzeuge zum Ende des 19. Jahrhunderts entstanden auch entsprechende Vehikel zum Transport Verletzter. Im Archiv des Deutschen Roten Kreuzes etwa findet sich ein Vorläufer aktueller Rettungswagen, betrieben jedoch mit Muskelkraft.

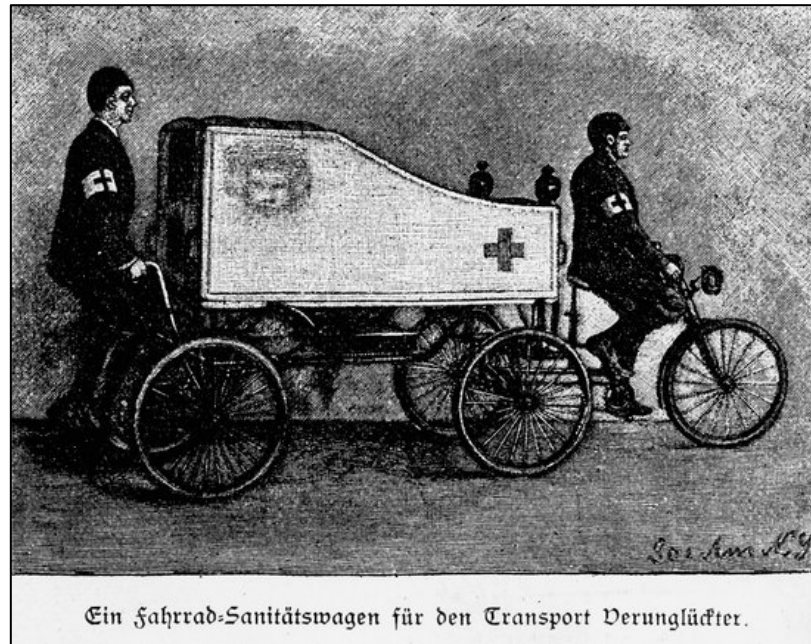


Abbildung 3: Sanitätswagen um 1885. Mit freundlicher Genehmigung des DRK.

Im ersten Weltkrieg wurde dann ein interdisziplinäres Behandlungskonzept, bestehend aus Chirurgen, Urologen und Neurologen gepflegt, um den zahllosen Wirbelsäulenverletzten aller kriegsführenden Nationen zu begegnen. Es gab für die Zeit des Krieges spezielle Wirbelsäulenstationen, in Deutschland existierte sogar eine Station, die sich primär den resultierenden Druckgeschwüren widmete. Insgesamt war die Mortalität noch sehr hoch bei häufig auftretender Sepsis (Silver 2005).

Eine neue Dimension der Verwundungen und Tötungen brachte der zweite Weltkrieg mit sich. „In Russland stellte der Verwundetentransport wegen des raschen Vormarsches bis 1942 und der außerordentlichen Geländeschwierigkeiten sanitätstaktisch das schwierigste Problem dar. Für eine durchschnittliche Transportstrecke von etwa 50 km wurden auf häufig unvorstellbar schlechten Wegen oft fünf bis acht Stunden benötigt. Sankawagen blieben manchmal die ganze Nacht über im Schlamm stecken“ (Behrendt 2003).



Abbildung 4: An der Front in der Sowjetunion, Mitte Februar 1944.  
Verwundete deutsche Soldaten werden südlich des Pripjet aus der Hauptkampflinie durch leichte Flugzeuge von Typ "Fieseler Storch" abtransportiert. Bundesarchiv, Bild 183-J16767 / CC-BY-SA 3.0 Foto: Thiemann | Februar 1944. Bild unverändert.

In den U.S.-Kriegen zwischen 1950 und 1991 (Korea, Vietnam, Golfkrieg I) hatte sich die Inzidenz für Wirbelsäulenverletzungen stabil bei etwa 1% der Verwundeten gehalten, im weltweiten „Anti-Terror-Krieg“ jedoch stellen Sprengkörper die größte Bedrohung für Truppen (& Zivilisten) dar. Detonationen führen über stumpfe Krafteinwirkung auf den Körper zunehmend häufig zu spinalen Verletzungen (Schoenfeld et al. 2012).

Eine steigende Inzidenz für ebendiese findet sich im Rahmen der jüngsten Kriegshandlungen im Irak und Afghanistan bei amerikanischem Militärpersonal. Sprengsätze sind für 56% - 73% der spinalen Verletzungen, vornehmlich Frakturen, als ursächlich anzusehen und stellen (aus militärischer Sicht) prozentual Verkehrsunfälle (29%) und (penetrierende) Schussverletzungen (15%) in den Schatten (Blair et al. 2012; Ramasamy et al. 2009).

Nach den Angaben des Traumaregisters wird bei 27,9% aller Schwerverletzten eine Verletzung der Wirbelsäule diagnostiziert.

Damit sind Wirbelsäulenverletzungen neben Verletzungen des Kopfes (48,2%), des Thorax (45,3%) und der oberen Extremitäten (28,5%) die vierthäufigste Verletzung bei zivilen Unfallopfern in Deutschland und Österreich (Sektion Notfall- & Intensivmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und Arbeitskreis TraumaRegister 2015).

## 1.4 Kinetik der Wirbelsäulenverletzung

Um sich eine Vorstellung machen zu können, welche externen Kräfte bisweilen auf den menschlichen Körper einwirken, seien folgende Rechenbeispiele gegeben.

Das Joule ist eine aus den Größen Energie, Arbeit und Wärmemenge abgeleitete Einheit. Ein Joule (= 1 J) entspricht in etwa der Energie, die benötigt wird, um einen Gegenstand von der Masse einer Tafel Schokolade (etwa 100 Gramm) um einen Meter anzuheben. Physikalisch betrachtet kommt dies einem Newtonmeter (1 Nm) und einer Wattsekunde (1 Ws) gleich.

$$1 \text{ J} = 1 \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$$

Unsere Wirbelsäule kann normalerweise Kräften mit einwirkenden Energiemengen von bis zu 1360 Joule standhalten (Bernhardt und Hänni 2009).

Bei Kontaktsportarten oder auch bei Unfällen mit hohen Geschwindigkeiten wirken oft immense Kräfte auf die Wirbelsäule ein.

So können sich bei Verkehrsunfällen Energiemengen von 5000 Joule und mehr entfalten, falls etwa der Kopf eines unangegurteten Autoinsassen ungebremst auf die Windschutzscheibe prallt (Bernhardt und Hänni 2009).

Da der menschliche Kopf etwa 7-10 kg wiegt, ist die HWS durch das Gewicht und die Position des Kopfes auf dem dünnen, flexiblen Hals, die auf den Kopf einwirkenden Kräfte, die eher schwache Muskulatur und die fehlende Schutzfunktion durch Rippen oder andere Knochen besonders anfällig für Verletzungen.

So erklärt sich, dass etwa 55% der Wirbelsäulenverletzungen die HWS betreffen und je etwa 15% die BWS, den thorakolumbalen Übergang oder die lumbosakrale Region.

Da zudem das Rückenmark auf der Höhe von C3 etwa 95% des Spinalkanals ausfüllt (in der Lumbalregion nur etwa 65%), bleiben nur 3 mm zwischen Rückenmark und der Wand des Rückenmarkkanals. Daher kann in dieser Region bereits eine kleine Dislokation zu einer Kompression oder Schädigung des Rückenmarks führen (Bernhardt und Hänzi 2009).

Auffahrkollisionen beispielsweise können plötzliche, heftig beschleunigende, bremsende oder seitlich auf den Körper einwirkende Kräfte bewirken, welche das Maximale, durch die Halsmuskeln vorgegebene Bewegungsausmaß des Kopfes überschreiten und zu schweren, lebensbedrohlichen HWS-Verletzungen führen (Bernhardt und Hänzi 2009).

Wirbelbrüche der unteren HWS und des thorakolumbalen Bereichs werden nach der A0-Klassifikation gruppiert.

Tabelle 1: AO-Frakturklassifikation zur Einteilung von Wirbelkörperfrakturen (Kandziora et al. 2016)

A0 Fraktur	Querfortsatzfrakturen
A1 Fraktur	Wirbelkörperfrakturen mit Beteiligung eines Bewegungssegments ohne Hinterkantenbeteiligung
A2 Fraktur	Sagittale oder koronarer Spaltbruch mit Beteiligung beider angrenzenden Bewegungssegmente ohne Hinterkantenbeteiligung
A3 Fraktur	Wirbelkörperfraktur mit Verletzung eines angrenzenden Bewegungssegment inklusive Hinterkantenbeteiligung
A4 Fraktur	Wirbelkörperfraktur mit Verletzung beider angrenzenden Bewegungssegmente und Hinterkantenbeteiligung
B1 Fraktur	Rein ossäre Verletzung der dorsalen Zuggurtung; Chance-Fraktur
B2 Fraktur	Flexionsverletzung mit osteoligamentärer Läsion der dorsalen Zuggurtung
B3 Fraktur	Extensionverletzungen
C Fraktur	Wirbelkörperverletzungen mit Verletzung aller Säulen und sichtbarer oder zu erwartender Translation

## 1.5 Epidemiologie des spinalen Traumas – Zahlen und Fakten

Die Daten zu Inzidenz, Prävalenz und Epidemiologie von spinalen Verletzungen sind regional sehr unterschiedlich. Allgemeingültige, weltweit repräsentative Daten existieren nicht. Zu groß sind die regionalen Unterschiede in klinischer Evaluation und in Bezug auf die Unfallursachen. Die folgende Tabelle gibt einen orientierenden Überblick zu Inzidenz und Prävalenz in verschiedenen Regionen. Obwohl die Zahlen fast ausschließlich aus Industrieländern stammen, gibt es signifikante Unterschiede. Auch lassen sich diese Daten nicht auf andere Länder übertragen.

Tabelle 2: Ausgewählte Inzidenzen und Prävalenzen von Wirbelsäulenverletzungen

<b>Region</b>	<b>Inzidenz (in Fällen pro 1 Million Einwohner pro Jahr)</b>	<b>Prävalenz (in Fällen pro 1 Million Einwohner)</b>
Nordamerika	51,0	755
Alaska, USA	83,0	-
Europa	19,4	252
Niederlande	10,4	-
Australien	16,8	681
Asien	23,9	-

Bei diesen Zahlen nicht erfasst sind die Patienten, die präklinisch mit einer Häufigkeit von 15 bis 56% versterben, was die Inzidenz per se noch deutlich steigen ließe (Wyndaele and Wyndaele 2006).

Wirbelsäulenverletzungen betreffen im Verhältnis von etwa 4:1 (m:w) Männer beharrlich häufiger (Jackson et al. 2004; Wyndaele and Wyndaele 2006). Verkehrsunfälle, Sport und Stürze verursachen signifikant häufiger Schaden am zervikalen Segment; Fremdeinwirkung und andere Ursachen betreffen eher die darunter gelegenen Abschnitte der Wirbelsäule (BWS, LWS, sakrale Region).

Seit über dreißig Jahren gültig ist dieser statistische Zusammenhang von Lebensalter und Unfallmechanismus: Die jüngsten Patienten verletzten sich am häufigsten beim Sport (0.-15. Lebensjahr), in allen Altersklassen bis zum 60. Lebensjahr rangieren Verkehrsunfälle auf Rang Eins für Wirbelsäulenverletzungen und schließlich folgen Stürze, die für höheres Alter (61.-99. Lebensjahr) typisch sind (Jackson et al. 2004).

Man muss zudem davon ausgehen, dass etwa 5% der tatsächlichen spinalen Verletzungen erst spät entdeckt oder gar übersehen werden (Davis et al. 1993).

Epidemiologisch zeichneten sich in jüngerer Zeit auch noch andere Trends ab. So stieg in den letzten Jahrzehnten das Durchschnittsalter der Patienten mit Wirbelsäulenverletzung um 5 bis 10 Jahre auf um die 40 Lebensjahre an (Pirouzman 2010; Jackson et al. 2004; DeVivo and Chen 2011). Der durchschnittliche Schweregrad der Verletzungen blieb konstant, während die mittlere stationäre Verweildauer im gleichen Zeitraum halbiert wurde. Leider hat aber die Sterblichkeitsrate in den letzten Jahren keine Verbesserung erfahren können (Pirouzman 2010).

Jährlich werden in den USA geschätzte 5 Millionen Patienten immobilisiert (Orledge and Pepe 1998), von denen nur ein Bruchteil tatsächlich eine klinisch relevante spinale Verletzung aufweist.

In den Vereinigten Staaten von Amerika ereigneten sich allein 1997 geschätzte 10000 neue traumatische Wirbelsäulenverletzungen, die neben vielen Todesopfern auch etliche Langzeitfolgeschäden hinterlassen und nicht zuletzt Jahreskosten von etwa 7,7 Milliarden US-\$ nach sich gezogen haben (DeVivo 1997). Die Behandlungskosten allein für das erste Jahr erreichen dabei teilweise Summen von mehreren Hunderttausend Dollar pro Patient (DeVivo 1997; Dryden et al. 2005).

Die Prävalenz in den USA beläuft sich auf etwa 250000 Wirbelsäulenverletzte, von denen circa 20% durch Kriegshandlungen verursacht sein dürften (Lasfargues et al. 1995). Zwar stellen die spinalen Gründe für Erwerbsminderung oder Behinderung gemessen an ihrer absoluten Zahl eine eher geringe Fraktion dar, betrachtet man jedoch die sozialen und wirtschaftlichen Dimensionen von Wirbelsäulentraumata, so entbehren diese jeder Proportion zu ihrer Häufigkeit (Jackson et al. 2004).

In die Notaufnahmen deutscher Kliniken werden jährlich etwa 38.000 polytraumatisierte Patienten eingeliefert (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e. V. 2012).



Die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) hat 1993 ein Traumaregister ins Leben gerufen, welches von über 500 Kliniken mit Daten gespeist wird. Darin werden nicht alle Unfallpatienten erfasst, sondern diejenigen, die über den Schockraum auf die Intensivstation gelangen (Probst et al. 2008; Zeckey et al. 2010). Demnach wiesen beträchtliche 10% der in Deutschland polytraumatisierten Patienten eine schwere Wirbelsäulenverletzung auf, häufig im Rahmen eines Thoraxtraumas. Ihr Durchschnittsalter belief sich auf 37 +/- 17 Jahre. 72% waren männlich und 80% der Patienten zwischen 15 und 54 Jahre alt.

Verkehrsunfälle stellten auch in Deutschland die häufigste Unfallart dar (49%), gefolgt von Stürzen aus größerer Höhe (20%). Die HWS (34%), die BWS (40%) und die LWS (31%) waren annähernd gleich häufig verletzt. Erstaunlich ist, dass bei nahezu der Hälfte der Patienten die Wirbelsäule vom Notarzt präklinisch als unverletzt eingeschätzt wurde. Es kam bei 20% der Patienten zur inkompletten und bei 27% zu einer kompletten Querschnittssymptomatik (Schinkel et al. 2007).

Die Ursachen und Ausmaße von Wirbelsäulenverletzungen unterliegen naturgemäß lokalen und kulturellen Besonderheiten und können sowohl von Region zu Region als auch von Land zu Land sehr unterschiedlich sein. Während in strukturschwachen oder von Kriegen heimgesuchten Ländern wiederkehrend Naturkatastrophen wie Erdbeben (Gautschi et al. 2008) und penetrierende Gewalteinwirkungen durch Schusswaffen und Sprengkörper die typischen Verletzungsmuster bewirken (Lechner et al. 2010), stehen in westlichen Industrieländern wie den USA, Kanada, Deutschland oder Australien Verkehrsunfälle (in erster Linie Autounfälle) an erster Stelle der Ursachenstatistik. Verschiedene Studien nennen Prozentanteile von etwa 36% bis hin zu 67% (Stiell et al. 2001; Jackson et al. 2004; O'Connor 2002; Thompson et al. 2009).

Hier zeigt sich auch ein gewisser Einfluss der Lebensgewohnheiten, wobei in Europa die absolute Zahl der verunfallten Radfahrer und Fußgänger sicher höher zu bewerten ist als im stärker motorisiert geprägten Nordamerika. Jedenfalls stellen Unfälle mit motorisierten Fahrzeugen statistisch hier wie dort die größte Gefahr dar, eine Wirbelsäulenverletzung zu erlangen.

Während in Deutschland 1970 noch über 20.000 Personen jährlich im Straßenverkehr getötet wurden und fast 600.000 verunglückten, so waren es im Jahr 2010 noch 3648 Getötete und 374.818 Unfallopfer (Vorndran 2011).

Derweil stieg die Zahl der motorisierten Fahrzeuge im deutschen Straßenverkehr in den letzten Jahrzehnten rapide an. Erfolgreiche Präventivmaßnahmen und ständig verbesserte Sicherheitssysteme, vom Airbag über Fahrradhelme bis hin zum Bremsassistenten in PKW haben ihren Beitrag dazu geleistet.

Gleichwohl weisen ländliche Regionen ein konstant höheres Gefährdungspotential für akute traumatische Verletzungen und Todesfälle auf als städtische (Peek-Asa et al. 2004). Als Gründe dafür können schwere Unfälle bei landwirtschaftlicher Arbeit und die weite Entfernung von Krankenhäusern mit höherem Versorgungsgrad angesehen werden. Das Straßenbild mit Landstraßen, Bäumen, Wildtieren und anderen Gefahren kann gerade für motorisierte Fahrzeugführer ein bis zu doppelt so hohes Risiko darstellen, Opfer eines tödlichen Unfalls zu werden (Maio et al. 1992).

Das nachstehende Diagramm aus einer Studie zu Unfallmechanismen erfasst zunächst alle Patienten bei denen präklinisch eine relevante HWS- Verletzung vermutet wird. Es stellte sich heraus, dass von allen Patienten ( $n = 8924$ ) immerhin 1,7% ( $n = 151$ ) eine klinisch relevante HWS-Verletzung aufwiesen (Stiell et al. 2001). Dieser Prozentsatz ähnelt einer anderen Studie, die eine akute traumatische Wirbelsäulenverletzung bei etwa 3% aller Traumapatienten fand; von diesen war zu mehr als 50% die HWS beteiligt. Der häufigste Verkehrsunfallpatient ist dabei männlich und jünger als 50 Jahre (Burney et al. 1993). Aus quantitativer Sicht nehmen Verkehrsunfälle den ersten Rang der spinalen Verletzungen ein.

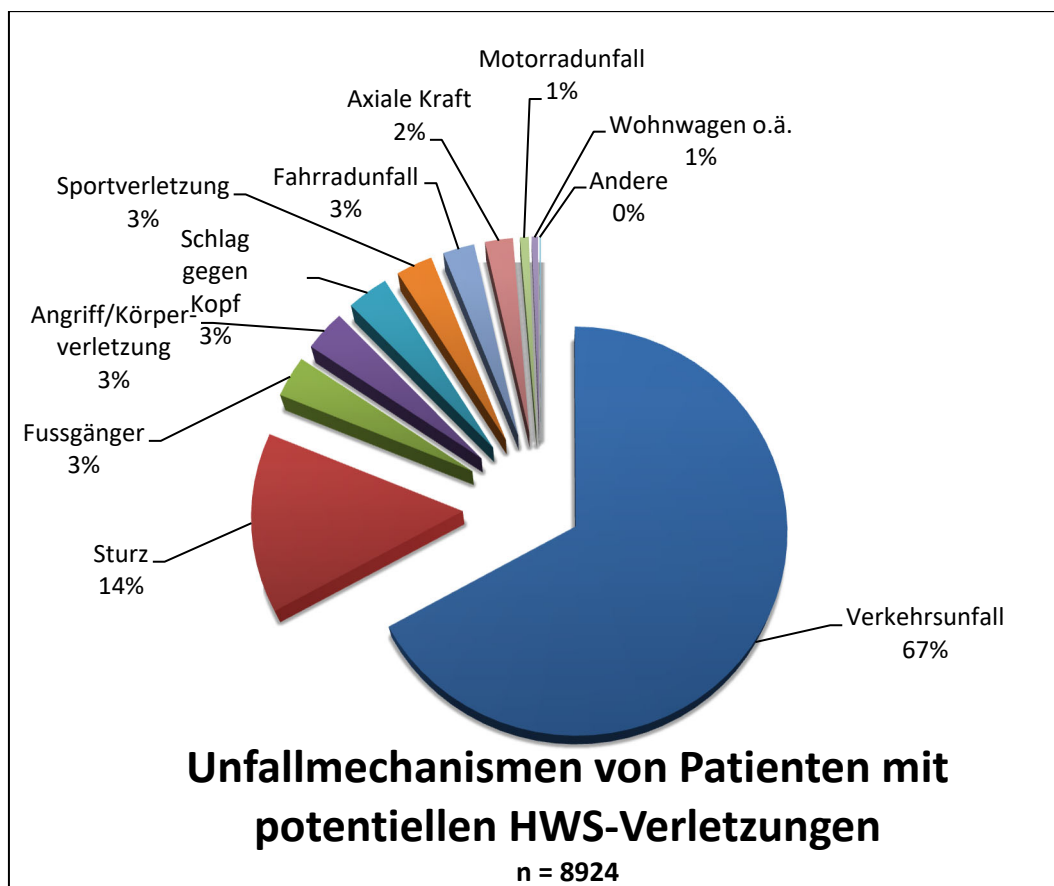


Abbildung 5: Anteil der Unfallmechanismen 1996-1999 mit Verdacht auf HWS-Beteiligung in zehn großen kanadischen Krankenhäusern (nach Stiell et al. 2001).

Bezogen auf Autounfälle erwächst das größte Risiko aus Unfällen mit Überschlag, Ejektion aus dem Fahrzeug sowie aus Frontalzusammenstößen. Auch die Geschwindigkeit ist als eigenständiger Risikofaktor zu sehen. Auffahrunfälle hingegen scheinen recht glimpflich abzulaufen. Bei Geschwindigkeiten bis 50 km/h erlitt nur eine Person bei insgesamt 3694 Auffahrunfällen eine Halswirbelfraktur (Thompson et al. 2009).

Betrachtet man jedoch qualitativ die Mechanismen, die zu einer Wirbelfraktur führen, drängen sich andere Verletzungsursachen in den Vordergrund. Definitiv ist eine immense Krafteinwirkung erforderlich, um einen gesunden menschlichen Wirbel zu frakturieren. Dazu sind Mechanismen wie axiale Krafteinwirkung mit negativen Vertikalbeschleunigungen am ehesten in der Lage.

Unfälle mit HWS-Frakturen, wie sie bei Stürzen, etwa beim Eintauchen mit dem Kopf zuerst in Swimmingpools entstehen können, haben drastische Konsequenzen. Zu 70% frakturierten

dabei in einer Kohorte von 34 Menschen (97% Männer, Durchschnittsalter: 27 Jahre) die Wirbel C5-C7. Die durchschnittliche Rehabilitationsdauer betrug 10,6 Monate, das Privatleben wurde durch 11 Scheidungen und 7 Jobverluste beeinträchtigt (Korres et al. 2006; Borius et al. 2010).

Bei vielen Lifestyle-Sportarten, besonders beim Flugsport kommt es auch zu spinalen Frakturen. Dabei ist jedoch eher das thorakolumbale Segment und das Becken betroffen, was durch die untere Körperhälfte als ersten Kollisionspunkt erklärlich ist. So weisen Paragliders für derartige Traumata eine 21-fach erhöhte Wahrscheinlichkeit zur Normalbevölkerung auf (Hasler et al. 2012). Für die Unfallmechanismen bei Stürzen, axialer Krafteinwirkung (auch Kontaktsportarten), Tauchunfällen (im Sinne von Sprung ins Wasser) und motorisierten Fahrzeugen außerhalb des Straßenverkehrs (etwa Geländewagen, Quads oder Schneemobile) konnte ebenfalls ein signifikant erhöhtes Risiko für spinale Frakturen nachgewiesen werden (Thompson et al. 2009).

Erschreckend ist der Anstieg der spinalen Verletzungen um 476% seit 1997 bei Kindern um die 15 Jahre, die motorisiert im Gelände unterwegs sind. Absolut geschehen hier mehr Unfälle mit Jungen, doch Mädchen verletzten sich schwerer, besonders am thorakolumbalen Segment (Sawyer et al. 2011).

Trotz der Zunahme von Verletzungen in der Freizeit ist die Bevölkerung in Industrienationen mit hohem Motorisierungsgrad am häufigsten im alltäglichen Verkehr der Gefahr einer Wirbelsäulenverletzung ausgesetzt.

## **1.6 Präklinische Rettung & Wirbelsäulenimmobilisation**

### **1.6.1 Rettungssysteme**

In Deutschland und auch im kontinentalen Europa ist das deutsch-französische Rettungssystem verbreitet. Ihm steht das anglo-amerikanische Rettungssystem gegenüber.

Ein Rettungswagen wie wir ihn heute kennen, geht vom Fahrzeugtyp ursprünglich auf Vorläufer des späten 19. Jahrhunderts zurück. Nachdem ab 1882 zivile Samaritervereine auf Anraten von Friedrich von Esmarch gegründet wurden, Sanitätsdienste des Roten Kreuzes und ande-

rer wohltätiger Vereine aufkamen und Krankenbeförderung teilweise durch die Feuerwehr übernommen wurde, zeigte sich vermehrt, dass radbasierte Tragen, Kutschen und ähnliche ‚Fahrzeuge‘ gezielt zum raschen Transport verletzter oder schwerkranker Patienten in Krankenhäuser oder zum Arzt benutzt wurden.

Noch vor Beginn des 20. Jahrhunderts waren in großen deutschen Städten organisierte Krankenbeförderungsleistungen allgegenwärtig. Die hauptsächliche Aufgabe war primär der Transport, nicht hingegen die nunmehr übliche medizinische Hilfestellung am Einsatzort zur Etablierung der Transportfähigkeit des Patienten.

Während des 1. Internationalen Kongresses für Rettungswesen 1908 in Frankfurt/Main forderte Paul Streffer (Arzt aus Leipzig) eine allgemeine ärztlichen Begleitung des Krankentransports und den regelhaften Einsatz von Ärzten zur medizinischen Primärversorgung am Einsatzort und auf dem Transport.



Abbildung 6: Phänomen Granit 30 als Sanitätskraftwagen der Wehrmacht. Lizenz: Sangreal [CC BY-SA 3.0]

Das deutsche, arztbasierte System wurde 1938 - direkt vor dem 2. Weltkrieg - von dem Chirurgen Martin Kirschner um seinen Gedanken einer mobilen chirurgischen Klinik ergänzt (Kirschner 1938) und ab 1957 mit dem Heidelberger ‚Klinomobil‘ auch im zivilen Bereich umgesetzt (Wagner 2013).

Ein zeitgleich von dem Kölner Chirurgen Engelbert Friedhoff entwickeltes Modell, der „Notfallarztwagen“, konnte sich dagegen besser durchsetzen. Da gesetzliche Regelungen fehlten, blieb der Rettungsdienst aber noch bis in die 1970er Jahre von reiner Transporttätigkeit geprägt (Kessel 2008). 1969 hob der britische Chirurg Easton das arztbesetzte Heidelberger Rettungssystem von 1957 hervor und beklagte das zögerliche Engagement zum präklinischen Einsatz von Chirurgen auf dem britischen Eiland mit dem Ausdruck „Therapeutisches Vakuum“ (Easton 1969).

Vielmehr entwickelte sich im anglo-amerikanischen Raum das um 1973 initiierte amerikanische Rettungssystem unter dem Paradigma „scoop and run“ (zu Deutsch sinngemäß „schau-feln und laufen“) mit dem Ziel, einen Patienten so schnell wie irgend möglich in eine Klinik zu transportieren. Dieses System findet seine Begründung zum einen darin, dass in den USA penetrierende Schuss- und Stichverletzungen viel häufiger sind. Zum anderen spielen auch pekuniäre Gesichtspunkte (Gehalt eines US-Facharztes um 400.000 \$), kombiniert mit einem Mangel an Ärzten, eine Rolle (Dick 2003).

In Deutschland wird heutzutage bei schweren Unfällen regelhaft ein Rettungswagen mit Rettungsassistenten oder Notfallsanitätern (als höchste nicht-akademische med. Qualifikation) zusammen mit einem zweiten, arztbesetzten Fahrzeug (Notarzteinsatzfahrzeug, NEF) oder einem Rettungshubschrauber (RTH) im Rendezvous-System zur Einsatzstelle alarmiert. Der Patient kann also bereits präklinisch umfassend behandelt werden, wenn dies indiziert ist. Wenn nötig, begleitet der Notarzt den Transport des Patienten ins Krankenhaus oder ist alternativ für einen unmittelbaren Folgeeinsatz rufbereit.

Da bei diesem System die Verweildauer am Einsatzort naturgemäß länger ist als beim amerikanischen, wurde es in der Vergangenheit auch mit „stay and play“ umschrieben. Dies suggerierte jedoch vom Wortlaut, dass Zeit am Einsatzort ohne therapeutischen Nutzen verschenkt würde.

Da in vielen europäischen Staaten die Zeit am Einsatzort aber für notwendige therapeutische Interventionen sinnvoll genutzt wird (Atemwegsicherung, Beatmung, Reanimation, Medikation etc.) wird heute das System mit dem Begriff „work and go“ („arbeiten und gehen“) umschrieben, während der Ausdruck „scoop and run“ das amerikanische System besser widerspiegelt.

So hat in Deutschland eine an der möglichen Stabilisierung der Vitalfunktionen orientierte Erstversorgung des Patienten am Einsatzort durch einen qualifizierten Notarzt Vorrang, während im anglo-amerikanischen Raum der Patient möglichst rasch und mit minimalem Aufwand von Sanitätern, sogenannten „Paramedics“, per Rettungswagen oder Helikopter ins Krankenhaus gebracht wird.

Ein Effektivitäts- und Effizienzvergleich der beiden Rettungssysteme in den Städten Birmingham (England) und Bonn konnte auch 2003 noch zeigen, dass in Bonn die notärztliche Therapie den Akutzustand des Patienten effektiv verbessert und nach kardiopulmonalen Reanimationen eine Entlassungsrate von 14,7%, verglichen mit 4% in Birmingham (Paramedics), erzielt wird. Trotz höherer Gesamtsystemkosten pro Einwohner erzielte das deutsche Rettungswesen bei höherer Effizienz die bessere Prognose (Fischer et al. 2003).

Neben der Versorgungszeit als solche scheint es also vorteilhaft, wenn, wie im deutsch-französischen Rettungssystem, Notärzte den Patienten präklinisch betreuen.

Polytraumatisierte Patienten weisen in Deutschland zu etwa 95% ein stumpfes Polytrauma auf (Probst et al. 2008), das Verletzungsmuster ist oft entsprechend schlecht abschätzbar. Medizinisch im Vordergrund stehen also mögliche innere Blutverluste und Schädel-Hirn-Traumata, die unter Umständen sofortiger operativer Therapie bedürfen. Nicht nur für penetrierende, sondern auch für stumpfe Polytraumata gilt es also, die präklinische Versorgungszeit zu minimieren (Bernhard et al. 2004).

Auch für solche zeitkritisch zu versorgenden Patienten hat es sich als prognostisch vorteilhaft erwiesen, von einem Notarzt versorgt zu werden (Osterwalder 2003).

### 1.6.2 Zeitaufwand der präklinischen Versorgung

Wenden wir uns weiterhin dem Zeitfaktor zu. Wie lange sollte die Rettung und Erstversorgung, also die Zeit vom Notruf bis zum Eintreffen im Krankenhaus mit dem Patienten, eigentlich dauern? Dazu existieren weltweit nicht wenige Konzepte, die mit unterschiedlichen Ansätzen und Themen alle doch dasselbe Ziel vor Augen haben: Durch die Versorgung vor Ort soll das bestmögliche Ergebnis erreicht werden.

Im Jahr 2005 wurde anhand von über 150.000 Einsätzen der amerikanischen Paramedics in den letzten 30 Jahren der präklinische Zeitaufwand für die Rettung von Traumapatienten ermittelt. So benötigten die Rettungskräfte, aufgeteilt in urbane, suburbane und ländliche Einsatzfahrten durchschnittlich 30,96, 30,97 und 43,17 Minuten. Die reinen Anfahrtszeiten waren mit 5,25, 5,21 und 7,72 Minuten durchweg sehr kurz, das Zeitintervall am Einsatzort mit 13,40, 13,39 und 14,59 Minuten für eine „Load and Go“- Devise eher zurückhaltend. Der Transport ins Krankenhaus nahm im Mittel 10,77, 10,86 und 17,28 Minuten in Anspruch (Carr et al. 2006).

Dazu wurde schon mehrfach festgestellt, dass die pure Betrachtung der Anfahrtszeit für die Prognose des Patienten nicht ausschlaggebend ist (Blackwell et al. 2009; Pons et al. 2005). Bei Traumapatienten und speziell solchen mit stumpfem Polytrauma scheinen reine Fahrzeiten keinen perspektivischen Einfluss zu besitzen (Pons and Markovchick 2002; Osterwalder 2002). Schon eher bedeutsam ist die Wahl des Transportmittels, wobei der Rettungshubschrauber trotz längerer Einsatzzeiten den bodengebundenen Transport aus Patientensicht prognostisch überflügelt (Thomas et al. 2002; Frink et al. 2007; Biewener et al. 2004).

Die von dem amerikanischen Traumatologen Cowley 1974 postulierte „golden hour of shock“ als bloßes Zeitlimit zur Versorgung Schwerstverletzter kann evidenzbasierten Ansprüchen nicht standhalten und ist daher nicht als Dogma über einen korrekten Rettungsablauf zu stellen (Lerner and Moscatti 2001).

Dies wird klar, wenn man sich verdeutlicht, dass Cowley die golden hour of shock auf der Basis von französischen Daten aus dem ersten Weltkrieg formuliert hat: die Mortalität der auf dem Feld unbehandelten Verwundeten war am niedrigsten, wenn sie innerhalb einer Stunde im Lazarett behandelt wurden und stieg, je länger es dauerte, bis der Patient behandelt werden konnte.



Laut Daten des Traumaregisters der DGU beträgt in Deutschland die Präklinik- oder Rettungszeit bei polytraumatisierten Patienten 71 +/- 53 Minuten (Sektion Notfall- & Intensivmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und Arbeitskreis TraumaRegister 2015).

Welche Bedeutung diesem im internationalen Vergleich als eher lang anzusehenden Wert beizumessen ist, bleibt Gegenstand intensiver Diskussionen. Es gibt Hinweise darauf, dass eine längere Verweildauer am Einsatzort bei solchen Patienten zu beobachten ist, bei denen auf Grund besonders schwerer Verletzungen therapeutische Interventionen wie Narkose, Intubation und Anlage von Thoraxdrainagen nötig sind und ggf. eine technische Rettung durchgeführt werden muss.

Dagegen sind vermeidbare präklinische Verzögerungen keineswegs tolerabel, denn im metaphorischen Staffellauf des Überlebens (Bernhard und Roessler 2011) sollte der Stab an keiner Stelle verloren werden.

Während im deutschen Notarztsystem bei Schwerverletzten die Verweildauer am Einsatzort um 30 Minuten liegt (Steinbach 2010), fordern amerikanische Ausbildungskonzepte wie PHTLS (Prehospital Trauma Life Support) in Anlehnung an das ATLS-Programm (Advanced Trauma Life Support) oder ITLS (Immediate Trauma Life Support) Versorgungszeiten an der Einsatzstelle von 10 Minuten oder weniger.

Das deutsche Eckpunktepapier zur notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in Präklinik und Klinik formuliert, dass Schwerstverletzte innerhalb von 60 Minuten nach einem Unfall in einem geeigneten Traumazentrum aufgenommen werden sollen. Die operative Versorgung soll spätestens 90 Minuten nach dem Unfall / Ereignis begonnen werden (Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutscher Notärzte 2008). Wenngleich diese Werte in Deutschland erstrebenswert sein mögen, stellen sie für unser komplexes Rettungssystem andererseits ein hehres Ziel dar (Bernhard und Roessler 2011).

Den Vergleich mit Schwellen- und Entwicklungsländern brauchen unsere Rettungssysteme aber keinesfalls zu scheuen. Vom Rettungsdienst in Mexiko vergleichsweise werden neben

völlig undurchsichtiger Finanzstruktur, schlechter Qualifizierung des Personals auch Ankunftszeiten von bis zu 61 Minuten geschildert (Peralta 2006).

Eine Studie aus Nigeria berichtete jüngst über eine Mortalität von 16,7% innerhalb von sechs Wochen bei Wirbelsäulentraumata. 75% der dortigen Patienten wurden vor Einweisung in das Universitätsklinikum in Abuja, Nigeria bereits in mehreren anderen Kliniken vorstellig, mehr als die Hälfte der Patienten wurde auf dem Rücken liegend in Autos von Verwandten angeliefert. Die Zeit vom Unfall bis zur Versorgung beträgt dabei nicht selten länger als 24 Stunden (Ahidjo et al. 2011).

## **1.7 Präklinische Wirbelsäulenimmobilisation**

Unter dem Begriff der Immobilisation versteht die deutsche Sprache die Ruhigstellung von Gliedern oder Gelenken als auch den Verlust von Beweglichkeit in Bezug auf einen Körperteil (Dudenredaktion (o.J.)). Übertragen auf den gesamten menschlichen Körper meinen wir damit das Erreichen eines hohen Grades an Bewegungseinschränkung, der bei kranken oder verunfallten Patienten angestrebt wird, um sie vor weiterem Schaden von außen oder durch sich selbst zu bewahren.

Dabei geht es vor allem um die Prävention einer (sekundären) Verletzung des Rückenmarks. Durch die Restriktion der Mobilität soll im Rahmen von Rettungsmaßnahmen, z.B. während der technischen Rettung aus einem Unfallfahrzeug, beim Transport oder der körperlichen Untersuchung eine potentiell instabile Wirbelverletzung nicht weiter gefährdet werden (Kwan et al. 2001).

In unserem weit entwickelten präklinischen Rettungssystem der sogenannten westlichen Welt ist die präklinische Immobilisation der Wirbelsäule von Traumapatienten daher Standard und gehört zu den in der präklinischen Notfallmedizin sehr häufig durchgeführten Maßnahmen. Viele Schwellen- und Entwicklungsländer verfügen nicht einmal über ein präklinisches Rettungssystem (Debenham et al. 2017), geschweige denn über diverse standardisierte Immobilisationstechniken.

Die Ganzkörperimmobilisation wird im deutschen Rettungswesen mit zwei Methoden realisiert. Bei beiden Möglichkeiten wird der liegende Patient jeweils von Helfern achsensgerecht ohne Verdrehung der Wirbelsäule angehoben.

Eine Methode ist die Lagerung des Patienten auf einer Vakuummatratze (Abb. 9). Bei der Vakuummatratze handelt es sich um eine luftdichte Hülle (meist aus Kunststofffolie) von ca. 200 x 80 cm Größe, die mit einer großen Zahl kleinster Kunststoffkügelchen von ca. 1-2 mm Durchmesser gefüllt ist. Wird über ein entsprechendes Ventil Luft abgesaugt und somit ein Unterdruck im Inneren der Hülle erzeugt, versteift sich die Hülle in der zuletzt modellierten Form.

Patienten, die während dieses Vorgangs auf der Matratze gelagert werden, werden so –wie in einem Gipsbett– auf ganzer Körperlänge und vor allem im Bereich der Wirbelsäule ruhiggestellt. Da sich die Kunststoffhülle der äußeren Anatomie anpasst, wird der Körper des Patienten an allen Stellen gestützt, so dass eine entspannte Lagerung bei gleichzeitig guter Immobilisation möglich ist.

Um den Patienten auf eine Vakuummatratze zu lagern wird im deutschen Sprachraum der Patient zunächst mit Hilfe einer Schaufeltrage (Abb. 11) zweimal achsensgerecht angehoben und dann auf die Vakuummatratze gelegt, um dort immobilisiert zu werden. Bei der Schaufeltrage handelt es sich um eine mit Federverschlüssen auf die Patientengröße adaptierbare Trage. Diese ist zumeist aus Aluminium oder Kunststoff gefertigt und in der Mitte (in Längsrichtung) teilbar.

Eine weitere, weltweit gängige Methode zur Wirbelsäulenimmobilisation ist das so genannte Rückenbrett (Spineboard, auch Millerboard oder Backboard genannt) (Abb. 12), das im anglo-amerikanischen Raum am häufigsten eingesetzt wird. Dabei handelt es sich um ein steifes Brett aus Kunststoff von etwa 185 x 45 cm. Noch vor wenigen Jahrzehnten wurden Spineboards aus Holz hergestellt, erfüllten aber bei weitem nicht die heutigen materiellen und funktionellen Qualitätsansprüche (z.B. Röntgendurchlässigkeit).

Beim Spineboard ist nur das einmalige achsensgerechte Anheben oder Drehen des Patienten erforderlich, um den Patienten direkt von der Einsatz- oder Unfallstelle aus transportfähig zu machen. Dazu wird das Spineboard an den Rücken des angehobenen oder achsensgerecht gedrehten Patienten angelegt und schließlich wird der Patient mit dem angelegten Spineboard zurück auf den Rücken gedreht, so dass er auf dem Spineboard zu liegen kommt.

Während die HWS durch Anmodellieren auf einer Vakuummatratze vor Lateralbewegungen gegenüber dem Rumpf geschützt wird, erfolgt dies beim Spineboard durch Stabilisierung mit einem montierbaren Kopfstabilisierungsset.

Unter Punkt 2.2 wird noch ausführlicher auf diese beiden Immobilisationsarten eingegangen.

Weit seltener Verwendung findet das z. T. mitgeführte KED-System (Kendrick Extrication Device<sup>®</sup>) (Abb. 7).



Abbildung 7: Ferno KED 125. Mit freundlicher Genehmigung von FERNO Transportgeräte GmbH

Dabei handelt es sich um eine Art Korsage, die beispielsweise einem im PKW verunfallten Patienten vor Ort angelegt wird, um ihn mit stabilisiertem Torso aus dem Fahrzeug retten zu können. Auch bei speziellen Rettungssituationen unter beengten Gegebenheiten, beispielsweise zur dorsalen Stabilisierung eines Bergsteigers in einer Gletscherspalte ist das KED-System vorzüglich zu gebrauchen (Winterberger et al. 2008).

Bereits 1971 beschäftigte sich die American Academy of Orthopedic Surgeons in einer Stellungnahme zum Thema der Indikation. Seinerzeit stellte man die körperlichen Symptome und

Befunde des Patienten in den Vordergrund für die Indikation zur Immobilisation. Dann kam es über die Jahre zu einem Paradigmenwechsel. Weg von der symptomorientierten Immobilisation, hin zur generellen prophylaktischen Immobilisation aller Personen, bei denen eine spinale Verletzung aufgrund des Unfallhergangs denkbar war. Nun orientierte man sich also eher am Unfallmechanismus als am klinischen Befinden des Patienten.

Gleichwohl erscheint es unwahrscheinlich, dass ein umsichtiges Vorgehen der Rettungskräfte den initialen Befund maßgeblich beeinflussen könnte (Domeier 1999), wenn man an die biomechanischen Kräfte denkt, die zum Zeitpunkt der Verletzung auf die Wirbelsäule eingewirkt haben. In der Folge war man wieder etwas von der obligatorischen Immobilisation eines jedes Patienten mit potenziell passendem Verletzungsmechanismus abgewichen.

Zumindest für den Bereich der Halswirbelsäule bestand Einigkeit, dass

- a) Druckempfindlichkeit in der dorsalen HWS-Mittellinie
- b) Fokale neurologische Auffälligkeiten
- c) Persönlichkeitsveränderungen
- d) Intoxikationen
- e) Schmerzhaftes Distraktionsfrakturen

eine radiologische Diagnostik zum Ausschluss einer Wirbelverletzung bedingen sollten. Dabei handelt es sich um die NEXUS-Kriterien (Hoffman et al. 2000). Allerdings ist denkbar, dass eine nicht erkannte Intoxikation mit Alkohol zu einer fehlerhaften Anamnese kommen kann und alkoholisierte Patienten leicht durch das Raster fallen können, indem sie fälschlicherweise als unverletzt bewertet werden. So konnte gezeigt werden, dass das Rettungspersonal eine Alkoholisierung von Unfallopfern oftmals nicht sicher ausschließen kann (Maio et al. 1995).

Auch (in Mitteleuropa seltene) penetrierende Verletzungen im Wirbelbereich mit neurologischer Symptomatik (zum Beispiel Schussverletzungen) sollten für eine Immobilisation in Betracht gezogen werden (Hauswald and Braude 2002). Isolierte Bandverletzungen der HWS ohne Fraktur sind selten (Chiu et al. 2001) und klinisch nicht sicher zu diagnostizieren.

Dennoch kann mit Hilfe der fünf NEXUS-Kriterien eine HWS-Verletzung mit bis zu 99%iger Sensitivität erkannt werden (Hoffman et al. 2000).

Ein anderer Algorithmus kombiniert den Stellenwert der klinischen Symptomatik mit dem Unfallmechanismus, was die Aussagekraft gegenüber den NEXUS – Kriterien abermals erhöht (Stiell et al. 2003). Es handelt sich dabei um die „Canadian Cervical Spine Rule“ (CCS), die ebenfalls Röntgenkriterien für wache und klinisch stabile Traumapatienten herausstellt. Dieses Entscheidungsinstrument lieferte Sensitivitäten von 100% für eine Studie an fast 9000 Patienten (Stiell et al. 2001) und eine weitere an etwa 3000 Patienten, die der Computertomographie, dem Goldstandard zur Frakturdiagnostik, unterzogen wurden (Duane et al. 2011).

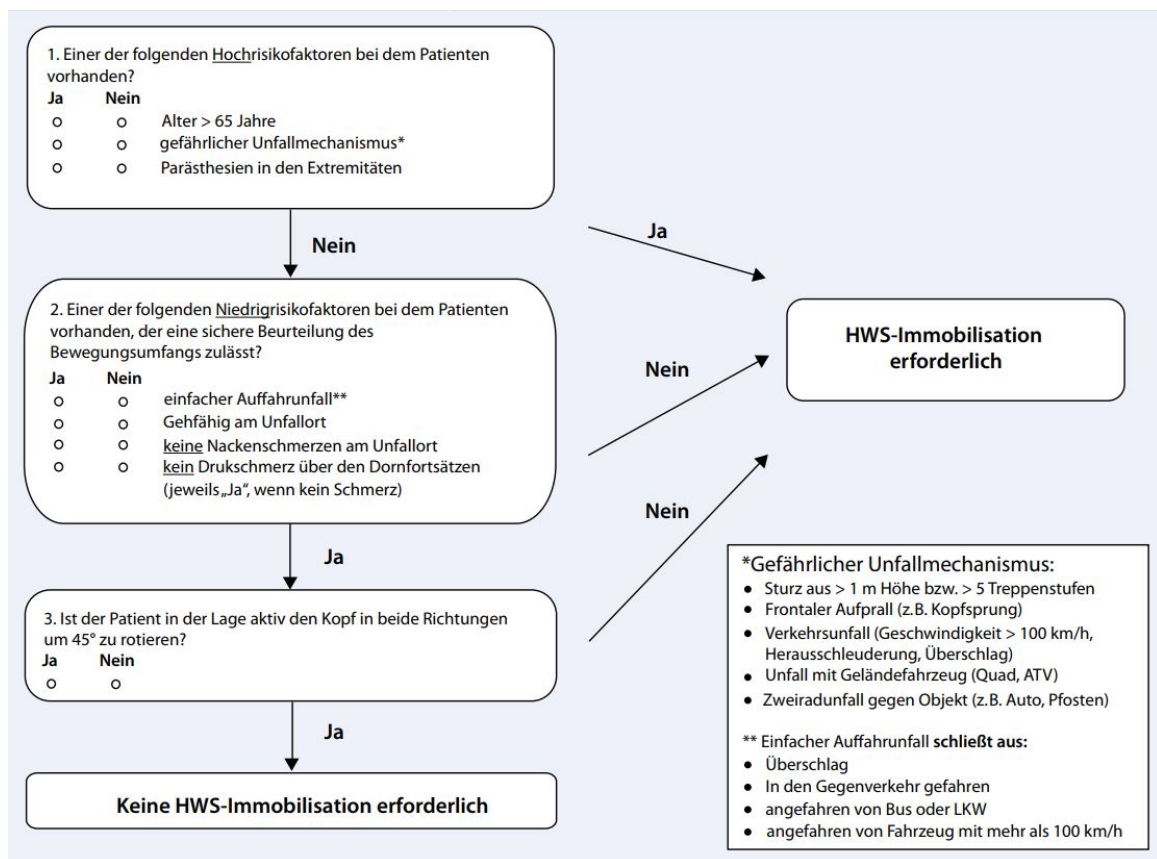


Abbildung 8: Modifizierte Canadian C-Spine Rule Mit freundlicher Genehmigung von Springer Nature Customer Service Centre GmbH: Springer Nature, Notfall + Rettungsmedizin, Präklinische HWS-Immobilisation auf Grundlage der „Canadian C-Spine Rule“, M. Kreuder 2011

Nicht nur für Ärzte konnte der Vorteil der CCS-Regel gegenüber einer nur klinischen Patienteneinschätzung gezeigt werden (Bandiera et al. 2003). Auch das Rettungspersonal und Pflegekräfte in den Notaufnahmen nordamerikanischer Krankenhäuser wenden die CCS-Regel (Vaillancourt et al. 2009; Stiell et al. 2010) erfolgreich an.

Dabei stößt sie ihrer Einfachheit halber weltweit auf gute Akzeptanz (Brehaut et al. 2010) und findet auch in der deutschen S3-Leitlinie zur Polytraumaversorgung Erwähnung (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie 2016).

Bisherige Studien haben sich zumeist mit Verletzungen der HWS beschäftigt, weil hiervon die größte Bedrohung für den Patienten ausgeht. Aber auch bei möglichen Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule sowie des Beckens wird wegen der möglichen Folgen wie bei dem Verdacht auf HWS-Verletzungen vorgegangen und der Patient dementsprechend immobilisiert.

Dabei kann die Indikation zur radiologischen Untersuchung der Wirbelsäule nicht mit der Indikation zur Immobilisation gleichgesetzt werden.

Es lassen sich jedoch bezogen auf das präklinische Vorgehen Kriterien zur Immobilisation daraus ableiten, die mittels Anamnese und Untersuchung eine dezidierte Patientenauswahl erlauben und neben Strahlenbelastung auch viel spektakulären Aktionismus und hohe Kosten vermeiden können.

Aber auch in Betracht aller potenziellen Indikationen bleibt das Thema der Immobilisation weiterhin strittig, da ihr Nutzen nicht endgültig durch Evidenz bewiesen ist.

Obwohl zahlreiche Untersuchungen zur Immobilisation existieren, gibt es nur wenig Erkenntnis über die tatsächlichen Effekte in Bezug auf Mortalität, Vermeidung weiterer neurologischer Schäden, Wirbelsäulenstabilität und anderer Effekte bei Traumapatienten. Eine Kosten-Nutzen-Analyse der Immobilisation erlaubt für den Fall des penetrierenden Traumas keine klare Empfehlung für die Immobilisation (Garcia et al. 2014).

In Ermangelung randomisierter kontrollierter Studien kann somit bis heute eine Immobilisation nicht pauschal als sinnvoll oder verzichtbar klassifiziert werden (Brinke et al. 2018; Báez and Schiebel 2006). Sicherlich wäre ein solches Studiendesign organisatorisch wie auch ethisch recht kompliziert. So wird trotz einiger guter Entscheidungsinstrumente im Zweifel nach dem Grundsatz ‚in dubio pro Immobilisation‘ verfahren und zugunsten des Patienten eine mög-

licherweise entbehrliche Immobilisation eher durchgeführt, als eine verhängnisvolle Wirbelsäulenverletzung zu riskieren.

Somit gilt derzeit, dass die Indikation für eine präklinische Immobilisation primär aus dem Unfallmechanismus (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie 2016) abgeleitet wird. Ebenso wird die Immobilisation empfohlen, wenn Schmerzen im Bereich der Wirbelsäule angegeben werden oder gar klinische Zeichen einer Rückenmarksschädigung erkennbar sind. Letztlich bleibt die Immobilisation in erster Linie eine prophylaktische und keine therapeutische Maßnahme.

## **1.8 Aufgabenstellung**

### **1.8.1 Grundfragestellung**

Da bei der präklinischen Versorgung von Schwerletzten die Immobilisation der Wirbelsäule einerseits zu den notwendigen Maßnahmen gehört, andererseits die Verweildauer am Einsatzort so kurz wie möglich sein soll, wurde diese Studie durchgeführt, um folgende Fragen zu beantworten:

- a) Wie groß ist der Zeitaufwand, um einen Patienten mit Verdacht auf Wirbelsäulenverletzung entweder auf einer Vakuummatratze oder auf einem Spineboard zu immobilisieren, so dass er transportiert werden kann?

Die Arbeit hat also zum Ziel, festzustellen, ob eine der genannten Immobilisationsmethoden einen Zeitvorteil im Vergleich zur anderen erbringt. Würde sich ein Zeitvorteil zeigen, könnte dieser unter Umständen dazu genutzt werden, die präklinische Verweildauer zu verkürzen.

### **1.8.2 Ergänzende Fragestellungen**

- b) Gibt es einen Zeitunterschied für die Dauer bis zur abgeschlossenen Immobilisation auf einer Vakuummatratze vs. einem Spineboard, wenn die Bedingungen, unter denen die Verfahren zum Einsatz kommen nicht idealisiert, sondern real sind?



- c) Beeinflusst die Qualifikation der Rettungskräfte, die die Verfahren anwenden, den Zeitaufwand bis zur abgeschlossenen Immobilisation?

Mit Hilfe dieser zusätzlichen Fragestellungen sollen einerseits Informationen darüber gewonnen werden, ob bestimmte Einsatzsituationen den Zeitaufwand für eine präklinische Immobilisation beeinflussen. Andererseits soll evaluiert werden, ob eventuelle Unterschiede im Zeitbedarf abhängig von der Erfahrung der Anwender sind. Daraus könnte weitergehend abgeleitet werden, welcher Lernaufwand für die Methode notwendig ist bzw. ob eine bestimmte Methode für einen bestimmten Personenkreis empfohlen werden sollte.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

In dieser klinisch-experimentellen Untersuchung wurde der Zeitbedarf gemessen, der notwendig ist, bis ein gesunder Proband entweder auf einer Vakuummatratze oder auf einem Spineboard immobilisiert und gesichert wurde, sodass er transportiert werden kann.

Die Probanden wurden entweder unter Idealbedingungen oder unter Realbedingungen auf einer Vakuummatratze oder einem Spineboard immobilisiert.

Bei Idealbedingungen lag der Proband auf dem Rücken auf einer ebenen Fläche eines normal temperierten Raumes. Die Struktur des Bodens war gleichmäßig, in der Umgebung befanden sich keine Hindernisse, die den Arbeitsablauf der Helfer hätten stören können.

Bei Realbedingungen lag der Proband ebenfalls auf dem Rücken, allerdings im freien Gelände. Der Untergrund durfte und sollte inhomogen sein, von Gras über Holzspäne bis hin zu Schnee und Eis (Tabelle 4).

Gemessen wurde die Zeit, die vom Start-Kommando bis zum Aufheben des korrekt in einer Vakuummatratze oder auf einem Spineboard immobilisierten und gesicherten Probanden benötigt wurde.

Zur Analyse der Zeitstruktur während der Maßnahme wurden an markanten Punkten im Ablauf der Immobilisation Zwischenzeiten ermittelt und ausgewertet.

Anleitung zur einheitlichen Durchführung der Immobilisation:

Im ersten Schritt wurden den Probanden zwei eigens für diesen Zweck aufgezeichnete Instruktionvideos gezeigt. In den Videos wurde gezeigt, wie ein potenziell schwer verletzter

Patient achsensgerecht gedreht wird (log-roll-Technik). Danach wurde die Immobilisation auf einer Vakuummatratze oder auf dem Spineboard demonstriert.

Im zweiten Schritt mussten die Teilnehmer die Immobilisation eines Probanden sowohl auf eine Vakuummatratze als auch auf ein Spineboard mindestens einmal unter Aufsicht fehlerfrei durchführen.

Im dritten Schritt wurden die Probanden bei Ausübung der korrekten Immobilisation unter laufender Videoaufzeichnung gefilmt und damit die Überprüfung der Zeiterfassung gesichert. Von allen Beteiligten wurde vor Beginn des Filmens ihre Zustimmung zur Datenaufzeichnung mündlich eingeholt.

Die Probanden waren dazu angehalten, die Immobilisation so zügig wie möglich durchzuführen. Dabei musste jedoch, genau wie in den Videos gezeigt, fehlerfrei vorgegangen werden. Fehlerhafte Versuche wurden durch die nachträgliche Analyse aus der Wertung genommen.

Während der Studie wurde an allen Örtlichkeiten die identische medizintechnische Ausrüstung verwendet, um Messabweichungen durch andersartiges Equipment auszuschließen.

Nach Abschluss der Videoaufzeichnungen wurde das Filmmaterial auf ein Speichermedium übertragen und am Bildschirm ausgewertet. Durchweg wurde eine Stoppuhr verwendet mit der Fähigkeit, Zwischenzeiten zu speichern und wiederzugeben. Die gewonnenen Daten wurden in eine Daten-Matrix (MS Excel-Tabelle) übertragen.

Chronologisch gestaltete sich ein Studientag wie folgt:

1. Vorstellung der Studie vor der Teilnehmergruppe
2. Erläuterung der Videoaufzeichnung und Zustimmung hierzu durch die Teilnehmer
3. Vorführen des Instruktionsvideos (Abb. 17) am Laptop oder per Beamer
4. Demonstration der korrekten Technik- und Geräteanwendung
5. Üben der korrekten Technik- und Geräteanwendung mit den Probanden
6. Klärung von methodischen Fragen
7. Aufsuchen der Örtlichkeit mit idealen Bedingungen oder des simulierten „Einsatzortes“ im Fall der realistischen Untersuchungsbedingungen
8. Benennung der Probanden und Abschätzen des Body Mass Index (BMI)\*

9. Videoaufzeichnung der Immobilisationen mit Vakuummatratze bzw. Spineboard
10. Datenübertragung und -auswertung

\* Die Abschätzung des BMI anhand der Formel

$$\text{Body Mass Index (BMI)} = \frac{\text{Körpermasse in kg}}{\text{Körpergröße in m}^2}$$

diente der Frage, ob die Probanden im Mittel normgewichtig waren und somit gleiche Ausgangsbedingungen vorlagen.

## 2.2 Materialien

### 2.2.1 Vakuummatratze, Schaufeltrage und Absaugpumpe

Als Vakuummatratze wurde die Vielkammer-Vakuummatratze mit Beinstabilisierung (Beinkeil) der Firma Schnitzler (Modell 814 K) verwendet. Diese ist 200cm lang, 82cm breit und weist neben einer Kopf- und Beinstabilisierung auch Längsstabilisatoren sowie drei Fixiergurte auf.



Abbildung 9: Vielkammer-Vakuummatratze von Schnitzler. Mit freundlicher Genehmigung der Schnitzler Rettungsprodukte GmbH & Co. KG

Die in dieser Studie eingesetzte Vakuummatratze war neu, so dass in möglichst kurzer Zeit eine optimale Steifigkeit der Matratze erreicht werden konnte.

Zum Erzeugen des Vakuums wurde eine Absaugpumpe der Firma Weinmann (WEINMANN Emergency Technology GmbH & Co. KG, Hamburg), Modell ACCUVAC Rescue eingesetzt. Die ACCUVAC Rescue ist eine mobile, tragbare, elektrisch betriebene medizinische Absaugpumpe, die laut Hersteller zum temporären Einsatz bei Erwachsenen, Kindern und Säuglingen eingesetzt wird:

1. um Ansammlungen von Blut, Sekret, und Nahrungsbestandteilen aus der Mundhöhle, dem Nasen-Rachen-Raum und dem Bronchialsystem abzusaugen
2. um Vakuummatratzen und Vakuumschienen zu evakuieren.

Die eingesetzte Absaugpumpe war neu, so dass auf Grund der Akkuleistung optimale Ergebnisse erzielt werden konnten.



Abbildung 10: Absaugpumpe ACCUVAC Rescue© von Weinmann. Foto Mathias Riffelmann

Zum Anheben und Umlagern der Probanden auf die Vakuummatratze wurde eine Schaufeltrage der Firma Söhngen (W. Söhngen GmbH, Taunusstein, Art.-Nr.: 0601035) verwendet. Diese teilbare und per Federverschluss stufenweise in der Länge verstellbare Trage besteht aus einer speziellen Aluminiumlegierung.

Das Maß von der Innenseite der Kopfstrebe zur Innenseite der Fußstrebe beträgt 1,60 m im kürzesten bis zu 1,95 m im größten Intervall (siehe Abbildung 11). Für die Verwendung der Schaufeltrage ist laut deutscher Feuerwehrdienstvorschrift nach dem Auflagern und Anheben des Patienten das nachfolgende Umlagern desselben vorgesehen (Ausschuss Feuerwehrrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV) 2006).



Abbildung 11: Schaufeltrage aus Aluminium. Firma Söhngen. Fotos: Martin Riffelmann

### 2.2.2 Das Spineboard mit Gurtsystem und Kopffixation

In dieser Studie wurde das Spineboard der Firma Laerdal (Laerdal Medical GmbH, Puchheim, Modell BaXstrap) verwendet. Dieses Spineboard ist 1,83 m lang und 41 cm breit bei einem Gewicht von 6 kg. Das Spineboard ist mit einem Fixierungssystem SpeedBlocks™ der Firma Laerdal ausgestattet, das aus einer auf das Spineboard installierten flachen Grundplatte und

zwei Kopfstützen besteht, die nach Erreichen der Transportposition links und rechts des Kopfes in ein spezielles Arretiersystem eingerastet werden können.



Abbildung 12: Spineboard BaxStrap der Firma Laerdal mit Kopffixierung. Foto: Martin Riffelmann

An dem in der Untersuchung eingesetzten Spineboard werden Patienten mit vier Gurten gesichert (siehe Abbildung 12). Zur Fixierung auf dem Spineboard existieren mehrere technische Möglichkeiten, den Patienten mit Gurtsystemen am Verrutschen zu hindern. In diesem Fall wurden die vier hochreißfesten Gurte mit einem Ankerstich an den Querstreben des Spineboards befestigt.



Abbildung 13: Vierfache Gurtsicherung am Spineboard. Fotos: Martin Riffelmann

Die Gurte sind so angebracht, dass sie bei den Probanden etwa auf Höhe der Mamillen, des Beckens, der Oberschenkelmitte und unterhalb des Kniegelenks verlaufen.



Abbildung 14: Positionen der vier Sicherungsgurte. Foto: Martin Riffelmann





Abbildung 15: Kopffixierung auf dem Spineboard zur Prävention einer möglichen Antero- und Lateroflexion der HWS (hier SpeedBlocks™). Foto: Martin Riffelmann

### 2.2.3 Die HWS-Orthese

Vor Beginn der Zeitnahme einer jeden durchgeführten Immobilisation wurde bei jedem Probanden eine Kunststoffschiene für den Halswirbelsäulenbereich vom Typ Stifneck® der Fa. Laerdal (Laerdal Medical GmbH, Puchheim) angelegt.

Vor Beginn der Messungen wurde die korrekte Anlage der HWS-Immobilisationskrawatte kontrolliert.



Abbildung 16: HWS-Immobilisation mit Stifneck® und SpeedBlocks™. Mit freundlicher Genehmigung von Leardal Medical.

#### 2.2.4 Sonstiges Material

Zum Erfassen der (Zwischen-)Zeiten wurde die Uhr ‚Ironman‘ der Fa. Timex (Timex, Middletbury, Connecticut, Vereinigte Staaten) verwendet, mit der bis zu 30 Zwischenzeiten für eine gestoppte Zeitperiode gespeichert werden können.

Die Videosequenzen der Studie wurden mit der hochauflösende Handkamera Everio GZ-HD30 der Fa. JVC (JVC Kenwood Deutschland GmbH, Bad Vilbel) aufgenommen. Zeitweise verwendeten wir zusätzlich ein Teleskopstativ, um die Kameraperspektive zu optimieren.

Zur Videobearbeitung und -auswertung allen Filmmaterials wurde das 44cm / 17,3“ Multimedia Notebook Medion Akoya® P7612 (MD97860, Medion AG, Essen) eingesetzt.

## 2.3 Instruktionsvideo

Um sicherzustellen, dass die Maßnahmen für die Immobilisation einheitlich durchgeführt werden, wurden alle Teilnehmer mithilfe eines eigens für diesen Zweck angefertigten Videos instruiert. Mitarbeiter des Göttinger Rettungsdienstes demonstrieren darin in korrekter Weise:

1. das Log-Roll-Manöver
2. die Immobilisation auf die Vakuummatratze
3. die Immobilisation auf das Spineboard

Die Videoclips haben eine Länge von 1) 02:53 min, 2) 06:05 min und 3) 02:27 min. Nach Aufnahme der einzelnen Sequenzen wurde das Filmmaterial nachbearbeitet und mit akustischen und schriftlichen Kommentaren versetzt um die kritischen Passagen hervorzuheben.



Abbildung 17: Ausschnitt aus dem Videoclip zur Immobilisation auf der Vakuummatratze. Foto: Martin Riffelmann

Alle Teilnehmer der Studie bekamen vor Beginn der Videoaufzeichnungen im Rahmen der Studie dieses Bildmaterial in Form einer DVD gezeigt, bevor dann jeder Teilnehmer Gelegenheit hatte, beide Techniken der Immobilisation nach den Vorgaben zu trainieren. Je nach Vorkenntnissen mit den Geräten und der Log-Roll-Technik wurde diese Möglichkeit von allen Teilnehmern ausgiebig genutzt.

## 2.4 Das Log-Roll-Manöver zur achsengerechten Patientenbewegung

Während der Maßnahmen zur Immobilisation des Patienten muss eine Flexion, eine Extension oder eine Rotationsbewegung der Wirbelsäule auf jeden Fall vermieden werden. Die korrekte Durchführung der Log-Roll-Technik ist jeweils in den folgenden Schritten „Immobilisation auf der Vakuummatratze“ und „Immobilisation auf dem Spineboard“ beschrieben.

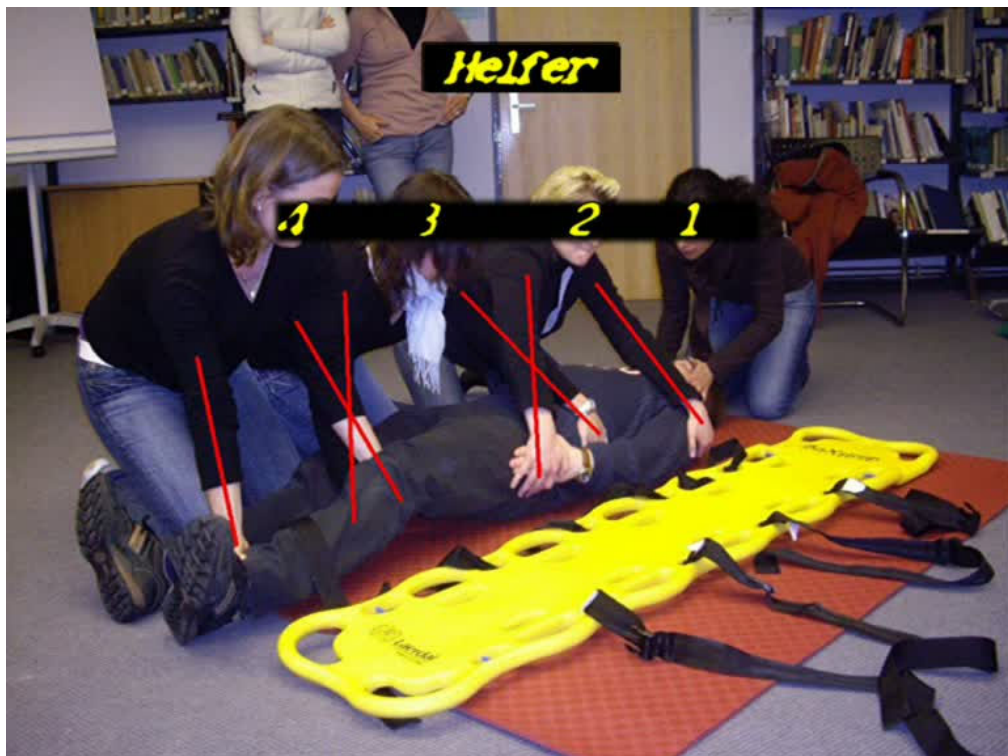


Abbildung 18: Griffpositionen der vier Helfer beim Log-Roll, dem Manöver zum achsengerechten Drehen eines Patienten. Foto: Martin Riffelmann

## 2.5 Immobilisation auf der Vakuummatratze

Für die Immobilisation mit der Vakuummatratze wurde ein fünfstufiges Protokoll erstellt, welches auch Tipps und „Cave!“-Bemerkungen enthält, damit der Ablauf exakt eingehalten wird.

### Immobilisationsprotokoll Vakuummatratze

Schritt 1:

Informieren Sie den Patienten über die Maßnahme Immobilisation auf einer Vakuummatratze.

- Klären Sie den Patienten darüber auf, warum eine Immobilisationsmaßnahme notwendig ist
- Sagen Sie dem Patienten, dass er während der Immobilisation über jede anstehende Maßnahme informiert wird.
- Erklären Sie dem Patienten, wie er sich während der Immobilisationsmaßnahmen zu verhalten hat
- Teilen Sie dem Patienten mit, dass er zu seiner Sicherheit mit Gurten fixiert wird
- Teilen Sie dem Patienten mit, dass die Immobilisation nur beibehalten wird, bis eine Wirbelsäulenverletzung ausgeschlossen worden ist

TIPP:

Ein Patient der korrekt immobilisiert ist, kann sich praktisch nicht mehr bewegen.

Auf eine kontinuierliche Zuwendung und Betreuung des Patienten ist daher zu achten.

CAVE:

Voraussetzung für eine Immobilisation auf einer Vakuummatratze sind:

- Patient ist entweder bewusstseinsklar und die Atemwege sind nicht gefährdet oder die

Atemwege sind z. B. durch eine Intubation gesichert.

- Halswirbelsäule in HWS-Immobilisationskrawatte (z. B. Stifneck®) ruhiggestellt.

Schritt 2:

Erläutern Sie, welche Bereiten für diese Maßnahme geeignet sind und bereiten Sie die Immobilisation mit der Vakuummatratze vor.

- Patient bewusstseinsklar oder Atemwege gesichert
- HWS in Immobilisationskrawatte ruhiggestellt
- Vakuummatratze, Schaufeltrage und Absaugpumpe werden in die Nähe des Patienten gelagert. Die Vakuummatratze wurde einmal leicht abgesaugt, das Ventil ist geschlossen. Das Ventil liegt am Kopfende des Patienten. Eine Schaufeltrage liegt auf der Vakuummatratze und eine einsatzbereite Absaugpumpe steht bereit
- Helfer 2 passt die Länge der Schaufeltrage an die Körpergröße des Patienten an. Die beiden Hälften der Schaufeltrage sind dabei nicht geteilt. Nach der Längenanpassung wird die Sicherung der Längeneinstellung verriegelt und die Schaufeltrage geteilt.
- Die Schaufeltrage wird nicht durch das Blickfeld des Patienten über ihn herüber neben ihn gelegt, die Helfer steigen nicht über den Patienten. Eine Hälfte wird (durch Helfer 2) unmittelbar neben den Patienten gelagert, die zweite Hälfte (durch Helfer 3) mit etwa 50 cm Abstand neben den Patienten gelagert.

TIPP:

- Helfer sollten Material nicht unmittelbar vor dem Gesicht oder durch das Gesichtsfeld eines Verletzten bewegen, ebenso wie Helfer nicht über einen Verunfallten hinübersteigen sollten, so lange nicht räumliche Gegebenheiten dies erfordern.

### Schritt 3:

Drehen Sie den Patienten achsengerecht und heben ihn mit der Schaufeltrage auf die Vakuummatratze.

Der Prüfling (Helfer 1) und 3 weitere Helfer nehmen Ihre Positionen am Patienten ein.

- Der Prüfling kniet hinter dem Kopf des Patienten, führt eine manuelle in-line-Stabilisierung (MILS) der HWS durch und gibt den anderen Helfern Anweisungen.
- Helfer 2, 3 und 4 knien sich auf einer Seite (dort wo die eine Hälfte der Schaufeltrage mit Abstand neben dem Patienten liegt) neben den Patienten (die Knie zwischen Schaufeltrage und Patient) und greifen über den Patienten an die ihnen abgewandte Seite.

Helfer 2 kniet in Höhe des Thorax und greift mit der dem Kopf zugewandten (kranialen) Hand an die Schulter, mit der den Füßen zugewandten (kaudalen) Hand an den Beckenkamm bzw. mit dem Handgelenk des Patienten an den Beckenkamm. Helfer 3 kniet in Höhe des Beckens und greift mit der kranialen Hand an die Taille bzw. mit dem Ellenbogen des Patienten an die Taille, mit der kaudalen Hand von unten in Höhe des Kniegelenks / proximaler Unterschenkel. Helfer 4 kniet in Höhe des Kniegelenks und greift mit der kranialen Hand von unten an den mittleren / distalen Oberschenkel, mit der kaudalen Hand an den distalen Unterschenkel / OSG.

- Helfer 1 gibt das Kommando zum achsengerechten Drehen des Patienten in Richtung der Helfer 2, 3 und 4. Drehen des Patienten ohne Rotation von HWS, BWS und LWS um ca. 15° in Richtung der Helfer 2, 3 und 4
- Helfer 3 zieht mit der kaudalen Hand die gegenüberliegende Hälfte der Schaufeltrage so weit unter den Patienten, dass der Außenrand parallel zum entsprechenden Arm und Bein des Patienten zu liegen kommt.

Helfer 1 gibt nur das Kommando den Patienten achsengerecht zurückzudrehen. Nun wechseln die Helfer die Seite und führen diese Schritte erneut von der anderen Seite durch. Während Helfer 1 MILS beibehält schließen Helfer 2 und 3 die Schaufeltrage zunächst am Kopf, dann Helfer 4 an den Füßen.

- Auf Kommando von Helfer 1 heben die Helfer 2 & 3 am Kopfende, Helfer 4 am Fußende den Patienten mit der Schaufeltrage an und legen ihn auf der Vakuummatratze ab.

TIPP:

- Die Arme der Helfer 2, 3 und 4 überkreuzen sich beim „log roll“ in diesem Manöver. Hierdurch ist es einfacher, den Patient gleichmäßig zu drehen.
- 4 ggf. 5 Personen sind ideal um die Lagerung wie beschrieben durchzuführen.

CAVE:

Kopf, Schulter- und Beckengürtel dürfen während der Lagerung nicht gegeneinander verdreht werden!

Schritt 4:

Lagern Sie den Patienten achsensgerecht auf die Vakuummatratze.

- Helfer 1 behält die MILS bei
- Helfer 4 öffnet die Schaufeltrage am Fußende und öffnet sie wie eine Schere  
Helfer 2 und 3 öffnen nun die Schaufeltrage am Kopfende und die beiden Hälften werden vom Patienten endgültig entfernt ohne dass die Teile über sein Gesichtsfeld gehoben werden.
- Helfer 1 modelliert die Vakuummatratze am Kopfende an.
- Helfer 4 modelliert die Vakuummatratze am Fußende an, wobei auch der Steg zwischen den Beinen positioniert wird.
- Helfer 2 und 3 modellieren die Vakuummatratze von lateral an den Körper des Patienten.

Schritt 5:

Sichern Sie den Patienten zum Transport auf der Vakuummatratze.

- Helfer 2 oder 3 schließt nun die Absaugpumpe an die Vakuummatratze an und schaltet sie ein.



- Die Matratze wird so lange abgesaugt, bis sie vollständig hart ist.
- Die Gurte werden von den Helfern geschlossen (Helfer 1 kranial, Helfer 2 Bauch, Helfer 3 Becken, Helfer 4 Unterschenkel)
- Auf jeder Seite positionieren sich nun 2 Helfer und greifen die Trageschlaufen (Kopf / Thorax bzw. Becken / Unterschenkel).
- Auf Kommando von Helfer 1 wird der Patient angehoben.

## 2.6 Immobilisation auf dem Spineboard

Für die einheitliche Immobilisation auf dem Spineboard wurde das nachstehende Prozedere vorgegeben. In fünf Teilschritten beschreibt das Protokoll mit Tipps und „Cave!“-Bemerkungen auch hier den exakten Ablauf einer korrekten Patientenimmobilisation:

### **Immobilisationsprotokoll Spineboard** (Jünger 2012)

Schritt 1:

Informieren Sie den Patienten über die Notwendigkeit einer Immobilisation auf einem Spineboard.

- Klären Sie den Patienten darüber auf, warum eine Immobilisation notwendig ist
- Sagen Sie dem Patienten, dass er während der Immobilisation über jede anstehende Maßnahme informiert wird
- Erklären Sie dem Patienten, wie er sich während der Immobilisationsmaßnahmen zu verhalten hat
- Teilen Sie dem Patienten mit, dass er zu seiner Sicherheit mit Gurten fixiert wird
- Teilen Sie dem Patienten mit, dass die Immobilisation nur beibehalten wird, bis eine Wirbelsäulenverletzung ausgeschlossen worden ist

TIPP:

Ein Patient, der korrekt immobilisiert ist, kann sich praktisch nicht mehr bewegen. Auf eine kontinuierliche Zuwendung und Betreuung des Patienten ist daher zu achten.

Schritt 2:

Erläutern Sie, welche Patienten für diese Maßnahme geeignet sind und bereiten Sie die Immobilisation mit dem Spineboard vor.

Erläuterung:

- Patient bewusstseinsklar mit freien Atemwegen oder Atemwege gesichert
- Halswirbelsäule in HWS-Immobilisationskrawatte ruhiggestellt

Vorbereitung:

- Spineboard wird längs neben den Patienten gelegt
- 4 Gurte (Brust, Becken, Oberschenkel, Unterschenkel) sind oder werden zur Sicherung der Patienten am Spineboard angebracht. Die dem Patienten zugewandten Gurthälften werden zusammengefaltet direkt an das Spineboard gelegt. Die dem Patienten abgewandten Gurthälften werden ausgebreitet neben das Spineboard gelegt
- Das Spineboard wird nicht durch das Blickfeld des Patienten über ihn herüber neben ihn gelegt, die Helfer steigen nicht über den Patienten

TIPP:

- Zur Sicherung des Patienten können teilbare Gurte, die in den Griffmulden fest fixiert sind, verwendet werden, oder einteilige Gurte, die durch die Griffmulden des Spineboards hindurch gezogen werden müssen, damit die Gurte nicht in der Längsachse auf dem Spineboard verrutschen können.
- Helfer sollten Material nicht unmittelbar vor dem Gesicht oder durch das Gesichtsfeld eines Verletzten bewegen, ebenso wie Helfer nicht über einen Verunfallten hinübersteigen sollten, so lange nicht räumliche Gegebenheiten dies erfordern.

CAVE:

- So genannte SpeedBlocks™ sichern die HWS zusätzlich vor allem gegenüber seitlichen Bewegungen am cervikothorakalen Übergang.

Schritt 3:

Lagern Sie den Patienten durch achsengerechtes Drehen auf dem Spineboard.

- Ein Kopf-Helfer und vier weitere Helfer nehmen Ihre Positionen an dem Patienten ein:
  - Der Kopf-Helfer kniet hinter dem Kopf des Patienten und gibt den anderen Helfern Anweisungen.
  - Der Kopf-Helfer legt beide Hände (wie bei der manuellen in-line Stabilisierung) an den Kopf des Patienten und führt diesen bei der Drehung / Lagerung. Der Patient sollte keine Haltearbeit mit der Halsmuskulatur leisten müssen.
  - Helfer 1, 2 und 3 knien auf einer Seite nebeneinander nahe an dem Patienten. Sie greifen den Patienten an der ihnen abgewandten Seite. Dabei wird die zum Kopf des Patienten gerichtete Hand jeweils als kraniale Hand, die zu den Füßen des Patienten gerichtete Hand jeweils als kaudale Hand bezeichnet.

Helfer 1 kniet in Höhe des Thorax.

Mit der kranialen Hand greift er an den proximalen Oberarm, mit der kaudalen Hand an den Trochanter majus.

Helfer 2 kniet in Höhe des Oberschenkels.

Mit der kranialen Hand greift er an die Taille, mit der kaudalen Hand, unmittelbar unterhalb des Kniegelenks, zwischen den Beinen hindurch, von unten an den proximalen Unterschenkel (die Hand greift wie eine Schaufel von unten).

Helfer 3 kniet in Höhe des Unterschenkels.

Mit der kranialen Hand greift er, unmittelbar oberhalb des Kniegelenks, zwischen den Beinen hindurch, an den distalen Oberschenkel sowie mit der kaudalen Hand, unmittelbar oberhalb des Sprunggelenks, zwischen den Beinen hindurch, von unten an den distalen Unterschenkel; Helfer 4 kniet den anderen Helfern gegenüber, in Höhe der Mitte des Spineboards, das vor ihm neben dem Patienten liegt.

- Der Kopf-Helfer gibt das Kommando zum achsengerechten Drehen der Patientin
- Drehen des Patienten - ohne Rotation von HWS, BWS und LWS zueinander - um ca. 30-45° zu den Helfern hin und vom Spineboard weg
- Helfer 4 schiebt das vorbereitete Spineboard so weit wie möglich unter den Patienten
- Auf Kommando des Kopf-Helfers wird der Patient achsengrecht zurück, und damit auf das Spineboard, gedreht. Durch gleichmäßigen Druck der Helfer 1, 2 und 3, nun auf der ihnen zugewandten Körperseite des Patienten, rutscht dieser in die Mitte des Spineboards. Der Kopf-Helfer führt dabei den Kopf des Patienten, um ihn in Neutralposition zu halten, Helfer 4 verhindert ein Verrutschen des Spineboards

#### TIPP:

- Die Arme der Helfer 1 und 2 sowie 2 und 3 kreuzen sich bei diesem Manöver. Hierdurch gelingt die Drehung des Patienten gleichmäßiger, da sich die Bewegungen der Helfer besser synchronisieren.
- Dadurch, dass die Hände unter das Bein greifen, gelingt es besser das Bein anzuheben und während der Lagerung zu halten. Vor allem wenn die Extremitäten kräftig sind und/oder knöcherne Verletzungen der unteren Extremität vorliegen ist dies von besonderer Bedeutung.
- Fünf Personen sind ideal um die Lagerung wie beschrieben durchzuführen.

Stehen nur vier Helfer zur Verfügung, greift Helfer 2 mit dem kaudalen Arm das Spineboard an der gegenüberliegenden Seite, zieht es unter den Patienten und hält es weiterhin fest, während der Patient auf das Spineboard gedreht wird.

- Eindeutige Kommandos des Helfers am Kopf sind wichtig.

CAVE:

- Während der Lagerung ist darauf zu achten, dass die Gurte nicht unter das Spineboard gelangen, da sonst die Gurte unter dem Spineboard klemmen, wenn der Patient darauf gelagert ist.
- Kopf, Schulter- und Beckengürtel dürfen während der Lagerung nicht gegeneinander verdreht werden!

Schritt 4 (alternativ zu Schritt 3):

Heben Sie den Patienten achsengerecht an und lagern Sie ihn auf dem Spineboard.

Die Helfer nehmen Ihre Positionen an dem Patienten ein:

- Ein Kopf-Helfer kniet hinter dem Kopf des Patienten und gibt den anderen Helfern die Anweisungen
- Helfer 1, 2 und 3 knien gegenüber dem Spineboard seitlich neben dem Patienten;
- Helfer 1 kniet in Höhe des Thorax und greift mit den Armen unter dem Patienten durch: mit dem kranialen Arm in Höhe der Schulter und mit dem kaudalen Arm in Höhe der Taille;
- Helfer 2 kniet in Höhe des Beckens und greift mit dem kranialen Arm unter der Hüfte (der Arm kreuzt nicht mit dem Arm von Helfer 1!), mit dem kaudalen Arm in Höhe der proximalen Oberschenkel unter dem Patienten durch;
- Helfer 3 kniet in Höhe der Kniegelenke und greift mit dem kranialen Arm in Höhe der distalen Oberschenkel (der Arm kreuzt nicht mit dem Arm von Helfer 2!), mit dem kaudalen Arm in Höhe der proximalen Unterschenkel unter dem Patienten durch;
- Helfer 4 kniet neben dem Spineboard in Höhe der Mitte des Spineboards;
- Der Kopf-Helfer gibt das Kommando zum achsengerechten Anheben des Patienten;
- Der Patient wird achsengerecht etwa 50 cm vom Boden angehoben;
- Helfer 4 schiebt das vorbereitete Spineboard mittig unter den Patienten;

- Auf Kommando des Kopf-Helfers wird der Patient achsengrecht auf das Spineboard gelegt.

TIPP:

- Der größte und stärkste Helfer sollte sich kranial positionieren, der kleinste Helfer kaudal.
- Alternativ kann der Patient auch angehoben werden, indem sich Helfer 2, 3 und 4 rittlings über den Patienten stellen und am Schultergürtel, Becken und unterhalb der Knie anheben und das Spineboard von den Füßen her unter dem Patienten durchgeschoben wird.

CAVE:

- Da bei dieser Methode die Arme der Helfer nebeneinander positioniert werden und sich nicht kreuzen, ist bei dieser Methode eine gute Koordination der Helfer besonders wichtig. Dies gelingt am besten, wenn der Patient auf Kommando langsam und gleichmäßig angehoben wird. Helfer 2 sollte sich dabei an Helfer 1, Helfer 3 and Helfer 2 usw. orientieren.
- Die Methode ist zum Anheben schwerer oder adipöser Patienten weniger geeignet, insbesondere wenn die Helfer selbst nicht kräftig sind.

Schritt 5:

Sichern Sie den Patienten zum Transport auf dem Spineboard.

- Der Patient liegt achsengrecht in der Mitte des Spineboards
- Kopf oder Füße ragen nicht über das Spineboard hinaus
- Der Patient wird mit 4 Gurten gesichert:
  - am Thorax, etwa in Höhe der Mamillen

- in Höhe des Beckens
- in Höhe der Oberschenkelmitte
- unterhalb des Kniegelenks
- Die Gurte sind so straff angezogen das der Patient weder lateral noch in der Längsachse auf dem Spineboard verrutschen kann
- Der Patient wird mit dem Spineboard gleichmäßig und waagrecht angehoben („4 Mann, 4 Ecken“)

CAVE:

- Der Patient muss so gut auf dem Spineboard gesichert sein, dass er bei einer Neigung des Spineboards – wie z. B. Tragen auf einer Schräge, Treppe – nicht längs verrutscht. Bei einem seitlichen Kippen muss die Wirbelsäule weiterhin achsengerecht immobilisiert sein.

## 2.7 Teilnehmer der Studie

Teilnehmer der Studie waren zum einen in der Immobilisation unerfahrene Personen, die im Rahmen ihrer notfallmedizinischen Ausbildung erstmals die verschiedenen Immobilisationstechniken erlernen sollten. Dabei handelte es sich sowohl um Studenten der Humanmedizin im 10. Fachsemester, die im Rahmen des Querschnittsfaches Notfall- und Intensivmedizin (Modul 6.2, Georg-August Universität Göttingen) ausgebildet wurden, als auch um Ärzte, die einen 80-Stunden Kurs Notfallmedizin, gemäß der Musterweiterbildungsordnung der Bundesärztekammer, besucht haben (Bundesärztekammer 2006, überarbeitet 2014).

Darüber hinaus haben im Rettungsdienst unerfahrene, angehende Rettungsassistenten (aRA) eines Rettungsassistentenkurses der Rettungsdienstschule der Berufsfeuerwehr Göttingen teilgenommen.

Zum anderen hat rettungsmedizinisch ausgebildetes Personal, das mit den Immobilisationsmethoden prinzipiell bereits vertraut war, an der Studie teilgenommen. Hierbei handelte es sich um Rettungssanitäter bzw. –assistenten (RA) und um Einsatzkräfte von freiwilligen Feuerwehren.

Personal mit rettungsdienstlicher Qualifikation war zumeist hauptamtliches Personal der Berufsfeuerwehr Göttingen.

Bei den Einsatzkräften der Freiwilligen Feuerwehren handelte es sich um First-Responder Einheiten der Freiwilligen Feuerwehr Bad Fredeburg (Sauerland, NRW). First-Responder Einheiten werden aus ehrenamtlichen Einsatzkräften gebildet, die als Organ von Hilfsorganisationen oder Feuerwehren bei einem medizinischen Notfall alarmiert werden, um das therapiefreie Intervall bis zum Eintreffen des hauptamtlichen Rettungsdienstes zu verkürzen.

Des Weiteren haben Mitglieder der Freiwilligen Feuerwehren der Orte Bovenden, Bremke, Dransfeld und Seulingen (alle Landkreis Göttingen) an der Studie mitgewirkt.

Die (Freiwilligen) Feuerwehren sind regelhaft die erste Instanz der technischen Hilfeleistung an Einsatzorten und werden daher häufig auch bei medizinischen Notfällen wie Verkehrsunfällen (zum Beispiel zur Befreiung eingeklemmter Fahrzeuginsassen) und zur Patientenrettung aus komplizierten Lagen von den ortsansässigen Leitstellen angefordert.



Dabei gilt sowohl für die Mitglieder der First-Responder Einheiten aus Bad Fredeburg als auch für die Mitglieder der Freiwilligen Feuerwehren, dass viele eine duale Qualifikation aufweisen, da sie neben ihrem rettungsdienstlichen Hauptamt in der Feuerwehr aktiv sind. Daher ist auch für diese Gruppen ein mittleres Erfahrungsniveau anzunehmen.

Die Teilnehmer und Probanden wurden vor der Untersuchung über den Ablauf und die Ziele der Studie informiert. Die Teilnahme an der Untersuchung war freiwillig. Die Entscheidung für oder gegen eine Teilnahme hatte keinerlei Konsequenzen.

Nach Rücksprache mit der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universitätsmedizin Göttingen war eine schriftliche Einwilligung der Teilnehmer und Probanden oder ein formelles Votum der Ethikkommission nicht erforderlich.

Die Teilnehmer haben an den Untersuchungstagen wechselweise die Probanden, also diejenigen, die immobilisiert wurden, wie auch die Helfer, gestellt.

Die folgende Tabelle dokumentiert das präklinische notfallmedizinische Erfahrungsniveau aller Gruppen, die an der Studie teilgenommen haben:

Tabelle 3: Vorerfahrungsniveau der Teilnehmergruppen in der präklinischen Patientenversorgung

Nr.	Teilnehmergruppe	Personen ca.	Grad der präklinischen Vorerfahrung
1	Angehende Notärzte ( <b>NA</b> )	60	<u>Gering</u> – Mittel - Hoch
2	Medizinstudenten Uni Göttingen ( <b>StudMed</b> )	400	<u>Gering</u> – Mittel - Hoch
3	Rettungsdienst der Berufsfeuerwehr Stadt Göttingen ( <b>RA</b> )	60	Gering – Mittel - <u>Hoch</u>
4	Kurs für angehende Rettungsassistenten ( <b>aRA</b> )	10	<u>Gering</u> – Mittel - Hoch

Nr.	Teilnehmergruppe	Personen ca.	Grad der präklinischen Vorerfahrung
5	First – Responder – Einheit Freiwillige Feuerwehr Bad Fredeburg ( <b>FRFFW</b> )	20	Gering – <b>Mittel</b> - Hoch
6	Ortsfeuerwehren Kreis Göttingen ( <b>FFWGö</b> ) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bovenden</li> <li>• Bremke</li> <li>• Dransfeld</li> <li>• Seulingen</li> </ul>	80	Gering – <b>Mittel</b> - Hoch

So wurden alle üblicherweise anwesenden Hilfskräfte bei einer Immobilisation erfasst und in die Untersuchungskategorien ideale Bedingungen und realistische Bedingungen eingeteilt.

## 2.8 Untersuchungsbedingungen

Um die Frage beantworten zu können, ob die Umgebungsbedingungen einen Einfluss auf die erforderliche Zeit für eine Immobilisation (Aufgabenstellung aus 1.8.2 b) haben, wurden die Messungen methodisch in ideale und realistische Untersuchungsbedingungen eingeteilt. Ideal bedeutete, dass der Proband auf dem Rücken auf einer ebenen Fläche eines normal temperierten Raumes lag. Die Struktur des Bodens ist gleichmäßig, in der Umgebung befinden sich keine Hindernisse, die den Arbeitsablauf der Helfer stören könnten.

Realistisch hingegen bedeutete, dass der Proband zwar ebenfalls auf dem Rücken, jedoch im Freien auf dem Boden lag. Der Untergrund musste inhomogen sein, von Gras über Holzspäne bis hin zu Schnee und Eis (Details siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Detaillierte Übersicht der Studientage, Teilnehmergruppen und Rahmenbedingungen.

<b>Datum</b>	<b>Teilnehmer</b>	<b>Lokalität</b>	<b>Bedingungen</b>	<b>Untergrund</b>	<b>Wetterbedingung</b>
17. - 24.01.2009	NA	Schulungsraum St. Andreasberg / Harz	Ideal	Kurzer Bodenteppich	Raumtemperatur
18. - 25.05.2009	StudMed	Schulungsraum Universitätsklinikum	Ideal	Kurzer Bodenteppich	Raumtemperatur
23. - 26.11.2009	StudMed	Schulungsraum Universitätsklinikum	Ideal	Kurzer Bodenteppich	Raumtemperatur
10.10.2009	FRFFW	Schulungsraum Feuerwehrhaus Bad Fredeburg	Ideal	Parkett	Raumtemperatur
24.09. 2009	aRA	Schulungsraum BF Gö	Ideal	Kurzer Bodenteppich	Raumtemperatur
19.04.2010	RA (1)	Schulungsraum BF Gö	Ideal	Kurzer Bodenteppich	Raumtemperatur
23.06.2010	RA (2)	Wiese auf dem Gelände der Hauptwache	Realistisch	5 – 10 cm Grasnarbe	21°C, kein Niederschlag, Tageslicht
07.06.2010	RA (3)	Wiese auf dem Gelände der Hauptwache	Realistisch	5 – 10 cm Grasnarbe	19°C, kein Niederschlag, Tageslicht
17.02.2010	FFW Bovenden (FFWGö)	Freiplatz nahe Feuerweh- gerätehaus	Realistisch	10 cm Neuschnee	2°C, leichter Schneefall, Dunkelheit, beleuchtet

<b>Datum</b>	<b>Teilnehmer</b>	<b>Lokalität</b>	<b>Bedingungen</b>	<b>Untergrund</b>	<b>Wetterbedingung</b>
25.02.2010	FFW Bremke (FFWGö)	Wiese beim Feuerwehrhaus	Realistisch	Nicht geschlossene Altschneedecke, teils vereist	0°C, kein Niederschlag, Dunkelheit, beleuchtet
19.02.2010	FFW Dransfeld (FFWGö)	Wiese neben Feuerwehrhaus	Realistisch	10 cm Nassschnee	6°C, kein Niederschlag, Dunkelheit, beleuchtet
24.02.2010	FFW Seulingen (FFWGö)	Vorplatz Feuerwehrhaus	Realistisch	Dieme von feinem Holzhackschnitzel	0°C, kein Niederschlag, Dunkelheit, beleuchtet

## 2.9 Datenerfassung

Vor dem Beginn jeder Videoaufzeichnung lag das für die Immobilisation notwendige Equipment am fiktiven Einsatzort bereit. Jedes Immobilisationsmanöver (Vakuummatratze oder Spineboard) wurde gefilmt und am Computer nachbetrachtet.

Die Zeitnahme (= Start der Aufzeichnung) wurde begonnen, wenn der Kopf-Helfer das Kommando gegeben hatte, mit der Immobilisation zu beginnen. Die Zeitnahme wurde exakt in dem Moment beendet, in dem der Patient vom Boden angehoben wurde. Zur Zeiterfassung verwendeten wir die Stoppuhrfunktion der Uhr „Timex Ironman“, zudem erfolgte mit der Filmaufnahme eine auf die Sekunde genaue Zeitdokumentation.

## 2.10 Statistische Analyse

Kategorische Parameter wie beruflicher Qualifikationsgrad und Geschlecht wurden mittels Chi-Quadrat-Test in den beiden Hauptmethoden Vakuummatratze und Spineboard miteinander verglichen. Die Gesamtbehandlungszeit und der BMI wurden mit Hilfe des t-Test ausgewertet. Die Normalverteilung für den t-Test wurde durch Quantil-Quantil-Plots überprüft. Um die Auswirkung der Immobilisationsmethode auf die Gesamtzeit zu erfassen, wurde ein varianzanalytisches Modell eingesetzt. Für den Fall eines signifikanten Zusammenhangs wurden die Methoden auch unter dem Aspekt der verschiedenen Qualifikations- und Bedingungslevels verglichen. Die Ergebnisse dieser Vergleiche wurden mithilfe der Bonferroni-Methode angepasst. Das Signifikanzniveau wurde für alle Tests auf  $\alpha = 5\%$  festgesetzt. Die Tests wurden mit dem freien Programm R (Version 2.12, [www.r-project.org](http://www.r-project.org)) ausgewertet, die deskriptiven Merkmale und Graphen mit der Software STATISTICA (Version 9.1, StatSoft) dargestellt. Der BMI ist als Confounder in die Analyse eingegangen, da die Mittelwerte der Gesamtzeit der beiden Gruppen signifikant unterschiedlich waren ( $p < 0.05$ ).

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Immobilisationsdauer mit Vakuummatratze und Spineboard**

Insgesamt haben mehr als 500 verschiedene Personen an der Studie teilgenommen. An 21 Studientagen wurden 172 Messungen durchgeführt.

Insgesamt konnten 94 Aufzeichnungen mit dem Spineboard, davon 60 (64%) unter idealen und 34 (36%) unter realistischen Bedingungen sowie 78 Messungen mit der Vakuummatratze, davon 51 (65%) unter idealen und 27 (35%) unter realistischen Bedingungen ausgewertet werden.

Die Messungen zeigten, dass eine Immobilisation mit Hilfe des Spineboards signifikant schneller ( $p < 0,01$ ) möglich ist als mit Hilfe von Schaufeltrage und Vakuummatratze. Dies gilt sowohl für eine Rettung unter Idealbedingungen als auch für realistische Bedingungen.

Für die Immobilisation auf eine Vakuummatratze betrug die Gesamtzeit  $289 \pm 97,19$  Sekunden. Die Immobilisation auf ein Spineboard dauerte im Mittel  $94 \pm 29,24$  Sekunden. Somit dauerte eine vollständige Immobilisation auf eine Vakuummatratze 3,07-mal so lang und damit im Durchschnitt 3:15 min länger als auf ein Spineboard ( $p < 0,01$ ).

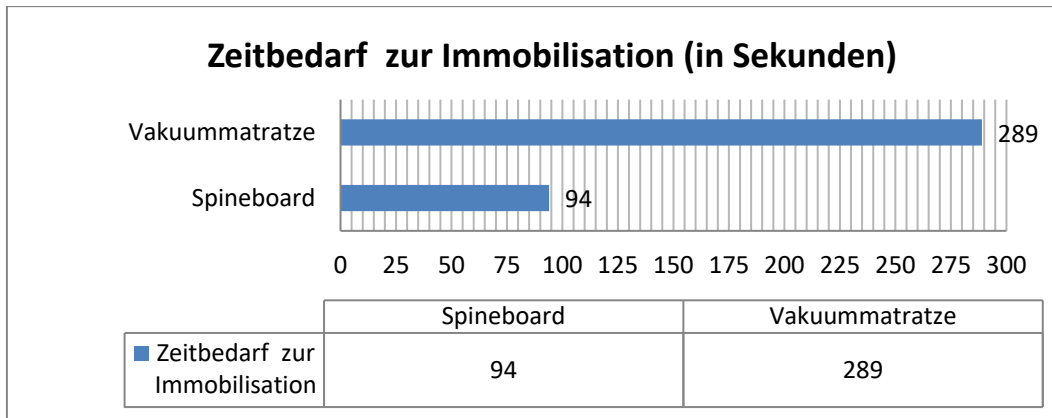


Abbildung 19: Zeitbedarf zur Immobilisation mit Vakuummatratze und Spineboard mit  $p < 0,01$ .

Die Häufigkeit, mit der unter idealen bzw. realistischen Untersuchungsbedingungen auf ein Spineboard bzw. auf eine Vakuummatratze immobilisiert wurde, war vergleichbar.

Unter Idealbedingungen wurden 60 (63,83%) von 94 Immobilisationen auf ein Spineboard und 51 von 78 (65,38%) Immobilisationen auf eine Vakuummatratze durchgeführt ( $p = 0,83$ ). Auch bei der Qualifikation der Probanden zeigte sich kein statistischer Unterschied zwischen den Verfahren ( $p = 0,99$ ).

Tabelle 5: Verteilung der Probandencharakteristika im Bezug zu beiden Immobilisationsmethoden. Die deskriptiven Merkmale sind entweder absolute (relative) Häufigkeiten oder Mittelwerte mit Standardabweichung.

Parameter	Methode		p-Wert
	Spineboard (n = 94)	Vakuummatratze (n = 78)	
<b>Gesamtzeit</b> (in Sek., MW $\pm$ SD)	93,95 $\pm$ 29,24	289,39 $\pm$ 97,19	<b>&lt; 0,01</b>
<b>Bedingung (n)</b>			
<b>Ideal</b>	60 (63,83%)	51 (65,38%)	0,83
<b>Realistisch</b>	34 (36,17%)	27 (34,62%)	
<b>Qualifikation (n, %)</b>			
<b>NA</b>	11 (11,70%)	10 (12,82%)	0,99
<b>StudMed</b>	28 (29,79%)	24 (30,77%)	
<b>RA</b>	20 (21,28%)	16 (20,51%)	
<b>aRA</b>	4 (4,26%)	4 (5,13%)	
<b>FRFFW, FFW GÖ</b>	31 (32,98%)	24 (30,77%)	
<b>Geschlecht (m/w)</b>			
<b>Männlich</b>	60 (65%)	51 (65%)	0,70
<b>Weiblich</b>	23 (25%)	17 (22%)	
<b>BMI</b> (MW $\pm$ SD)	25,07 $\pm$ 2,49	24,09 $\pm$ 2,71	0,02

Die Geschlechterverteilung bei dieser Untersuchung, die jeweils nur für den Probanden, nicht für die Teilnehmer eines jeden Durchgangs festgestellt wurde, ergab ein deutliches Überwiegen der männlichen Teilnehmer. Zwar ist der Frauenanteil der Absolventen im Medizinstudium mit > 50% höher als der Anteil der Männer (Meyer-Radtke 2009) jedoch sind Frauen im Rettungsdienst im Jahr 2006 mit 39% (Afentakis und Böhm 2009) und in der Berufsfeuerwehr mit unter 1% (Wittge 2009) noch deutlich unterrepräsentiert.

Der Test auf Gleichheit der gemittelten BMI-Werte zwischen den beiden Gruppen erbrachte zwar einen signifikanten Unterschied, der bei BMI-Mittelwerten von 24 und 25 in den Sub-



gruppen von uns aber als klinisch irrelevant eingestuft wird. Der errechnete BMI unserer Probanden lag für beide Methoden zusammen im Mittel bei etwa 24,5 kg/m<sup>2</sup> und ist damit noch soeben als Normalgewicht an der Grenze zur Präadipositas definiert.

Des Weiteren wurden die Einzelparameter in einem varianzanalytischen Modell untersucht. Die Hauptfaktoren Behandlungsgruppe, Bedingung, Qualifikation und BMI wurden als Confounder aufgenommen. Es zeigen sich signifikante Unterschiede in den Behandlungsgruppen und in den weiteren Haupteffekten in der Gesamtzeit. Zudem sind die modellierten Wechselwirkungen signifikant.

Tabelle 6: Ergebnisse der Varianzanalyse

<b>Parameter</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Immobilisationsmethode</b>	< 0,01
<b>BMI</b>	0,95
<b>Bedingung</b>	< 0,01
<b>Qualifikation</b>	< 0,01

### 3.2 Zusammenhang von Immobilisationsdauer und örtlicher Bedingung

In der weiteren Analyse wurden die Datensätze nach der örtlichen Bedingung aufgetrennt. Dabei wurde ein signifikanter Unterschied im Mittelwert der Gesamtzeit beider Methoden und Bedingungen gefunden.

Für eine Immobilisation auf ein Spineboard wurden unter Idealbedingungen 83,38 ( $\pm$  23,28) Sekunden vs. 112,59 ( $\pm$  29,66) Sekunden unter realistischen Bedingungen gemessen. Unter realistischen Bedingungen brauchte die Immobilisation auf das Spineboard also 29,21 Sekunden oder 35% länger als unter idealen Bedingungen.

Unter idealen Bedingungen dauerte die Immobilisation auf eine Vakuummatratze 254,45 ( $\pm$  68,49) Sekunden vs. 357,92 ( $\pm$  109,35) Sekunden unter realistischen Bedingungen. Daraus ergab sich ein Mehrbedarf von 103,47 Sekunden oder 41% für die Vakuummatratze bei realistischen Gegebenheiten.

Der Zeitbedarf für die Immobilisation auf eine Vakuummatratze steigt demnach bei realistischen Bedingungen von 04:14 min (ideal) auf 05:58 min an ( $p < 0,01$ ).

Tabelle 7: Zeitbedarf für die Immobilisation in Abhängigkeit von der örtlichen Bedingung "ideal" oder "realistisch". Die Angabe der Mittelwerte mit Standardabweichung erfolgt in Sekunden. Die p-Werte sind nach der Bonferroni-Methode angepasst.

Parameter	Bedingung	Spineboard	Vakuummatratze	p-Wert (adjustiert)
Bedingung	Ideal	83,38 $\pm$ 23,28	254,45 $\pm$ 68,49	< 0,01
	Realistisch	112,59 $\pm$ 29,66	357,92 $\pm$ 109,35	< 0,01

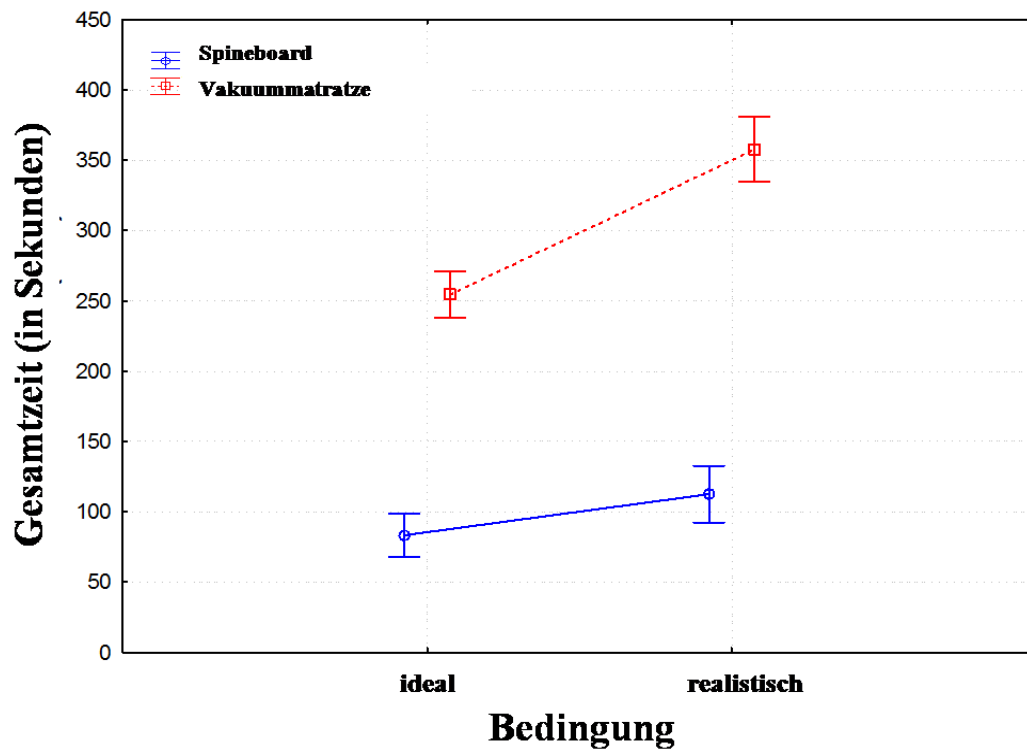


Abbildung 20: Gesamtzeit in Sekunden für beide Methoden gegen die Behandlungsbedingung aufgetragen. Dargestellt sind die Mittelwerte und das 95%-Konfidenzintervall.

### 3.3 Zusammenhang von Immobilisationsdauer und Teilnehmerqualifikation

Der Zeitbedarf für die beiden Immobilisationsmethoden war unabhängig von der Qualifikation der Teilnehmer signifikant unterschiedlich ( $p < 0,01$ ):

Tabelle 8: Zeitbedarf für die Immobilisation in Abhängigkeit von der Qualifikation des Personals. Angabe der Mittelwerte mit Standardabweichung in Sekunden. Die p-Werte sind nach der Bonferroni-Methode angepasst.

Qualifikation	Spineboard	Vakuumatratze	p-Wert (adjustiert)
NA	90,09 ± 31,83	295,40 ± 55,94	< 0,01
StudMed	89 ± 20,06	258 ± 53,79	< 0,01
aRA	82,75 ± 11,64	192,5 ± 25,09	< 0,01
RA	82,3 ± 26,93	286,07 ± 76,09	< 0,01
FRFFW, FFWGÖ	108,74 ± 33,41	336,5 ± 135,97	< 0,01

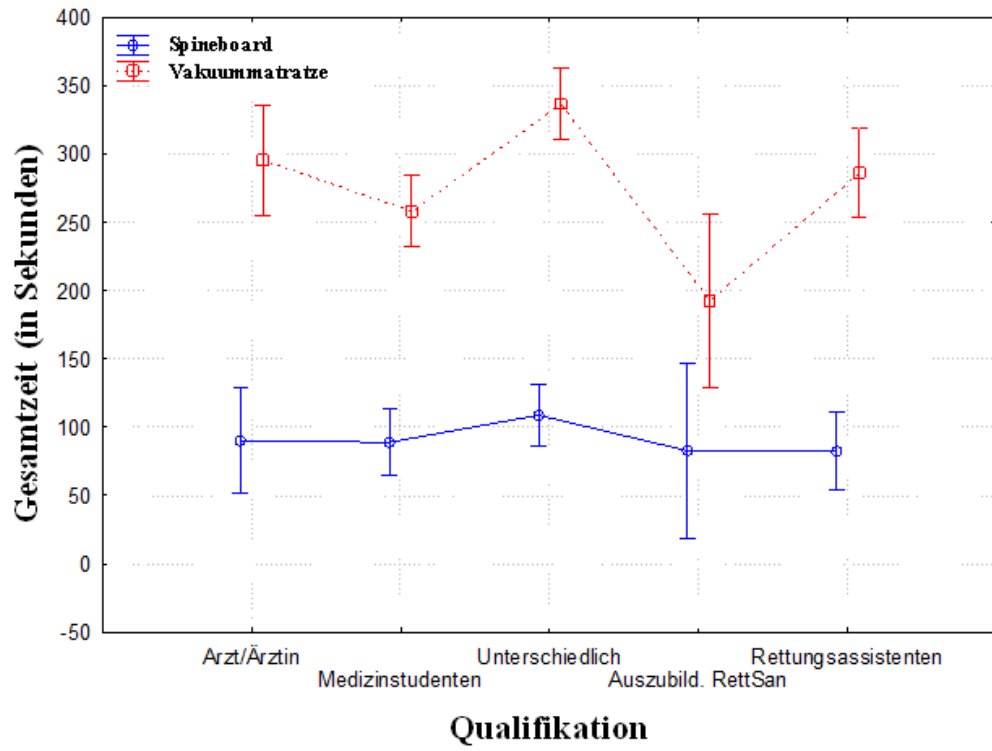


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Gesamtzeit und Qualifikation.

## 4 Diskussion

### 4.1 Ergebnisinterpretation

In dieser Studie betrug der mittlere Zeitaufwand, um einen unverletzten Probanden auf ein Spineboard zu immobilisieren  $94 \pm 29,24$  Sekunden. Der mittlere Zeitaufwand für die Immobilisation auf eine Vakuummatratze lag bei  $289 \pm 97,19$  Sekunden. Damit dauerte die Immobilisation auf eine Vakuummatratze im Durchschnitt 195 Sekunden länger als auf ein Spineboard ( $p < 0,01$ ).

Im Sinne der Grundfragestellung konnte also gezeigt werden, dass eine Ganzkörper-Immobilisation auf einem Spineboard, sowohl unter idealen als auch unter realistischen Bedingungen, signifikant schneller möglich ist als die Ganzkörperimmobilisation auf der Vakuummatratze.

In der vor Beginn der Studie erfolgten Literaturrecherche fand sich keine Arbeit, die den Zeitbedarf dieser beiden Immobilisationstechniken evaluiert hat, so dass eine Gegenüberstellung zu thematisch ähnlichen Untersuchungen entfällt.

Diese Studie hat daher erstmals untersucht, mit welchem Zeitaufwand für diese weltweit und häufig durchgeführte Maßnahme bei Verletzten und Schwerverletzten gerechnet werden muss.

Genauer wurde untersucht, ob der Zeitaufwand für die Immobilisation eines Probanden auf ein Spineboard bzw. auf eine Vakuummatratze auch dann unterschiedlich ist, wenn die Bedingungen, unter denen die Immobilisation erfolgt, nicht ideal, sondern realistisch sind.

Erwartungsgemäß dauerte es bei beiden Methoden unter realen Bedingungen länger, bis ein Proband immobilisiert war. Allerdings konnte gezeigt werden, dass unter realen Bedingungen der erforderliche Zeitaufwand für die Immobilisation auf eine Vakuummatratze (Spineboard  $112,59 \pm 29,66$  vs. Vakuummatratze  $357,92 \pm 109,35$  Sekunden;  $p < 0,01$ ) deutlich größer wird als unter idealen Bedingungen (Spineboard  $83,38 \pm 23,28$  vs. Vakuummatratze  $254 \pm 68,49$  Sekunden;  $p < 0,01$ ) (Tabelle 7).

Aus Tabelle 8 ist ersichtlich, dass der Zeitbedarf zur Immobilisation, sortiert nach Qualifikation der Teilnehmer, einer deutlichen Schwankungsbreite unterworfen ist. Im Mittel dauerte eine Immobilisation auf ein Spineboard zwischen etwa 82,3 und 108,74 Sekunden und auf die Vakuummatratze zwischen 192,5 und 336,5 Sekunden.

Mit p-Werten von durchweg  $< 0,01$  über alle Qualifikationsstufen benötigten alle Gruppen für die Immobilisation auf die Vakuummatratze signifikant mehr Zeit.

Die quantitativ äußerst kleine Subgruppe (passend zur erhöhten Standardabweichung) der auszubildenden Rettungsassistenten benötigte für beide Methoden einen kurzen Zeitaufwand, obwohl diese überwiegend ganz am Anfang ihrer beruflichen Ausbildung stehen. Mutmaßlich aufgrund ihrer geringen Fallzahl ergeben sich in dieser Subgruppe größere Schwankungen, die nicht überinterpretiert werden dürfen (Abbildung 21).

Ausgebildete Rettungsassistenten, welche die meiste Berufserfahrung in der präklinischen Versorgung aufweisen, waren im Umgang mit der Vakuummatratze (286,07 Sekunden) durchschnittlich schnell, bei dem Spineboard jedoch mit 82,30 Sekunden die schnellste Gruppe.

Medizinstudenten, die meisten von ihnen ohne jede präklinische Erfahrung, wiesen mit 89 Sekunden beim Spineboard und 258 Sekunden bei der Vakuummatratze konstant mittlere Werte bei geringen Standardabweichungen auf, was eigentlich für einen vertrauten Umgang mit den Hilfsmitteln spräche.

Offenbar existiert keine klinisch relevante Korrelation zwischen der Qualifikation der Retter und den erreichten Gesamtzeiten.

Dies ist zwar etwas überraschend, doch wahrscheinlich ein Hinweis darauf, dass beide Methoden schnell erlernbar sind. Wenig erfahrene Helfer können nach kurzer Instruktionszeit offenbar eine gute Handlungssicherheit bei beiden Methoden erzielen.

## 4.2 Der Faktor Zeit in der präklinischen Notfallmedizin

Seit der amerikanische Chirurg und notfallmedizinische Pionier R.A. Cowley die „Golden hour of shock“ in den 1970er Jahren formuliert hat, ist diese zum Dogma der präklinischen Versorgung schwer verletzter Patienten geworden. Ein Patient sollte nach Möglichkeit innerhalb von 60 Minuten nach schwerem Trauma in einem Traumazentrum behandelt werden können, um eine erhöhte Wahrscheinlichkeit der Todesfolge abzuwenden.

Jedoch haben Lerner und Moscati 2001 keinen wissenschaftlich begründeten Hinweis darauf gefunden, dass diese Aussage für Patienten mit stumpfem Trauma in einem Notarztgestützten System grundsätzlich gilt. Osterwalder hat 2002 sogar festgestellt, dass im Fall eines stumpfen Traumas das Überleben besser sein kann, wenn nicht nur darauf geachtet wird, eine Klinik innerhalb von 60 Minuten zu erreichen.

Gleichwohl wird in der S3-Leitlinie Polytrauma (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie 2016) und im Eckpunktepapier zur Notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung (Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutscher Notärzte 2008) eine Prähospitalzeit von unter 60 Minuten gefordert.

Berechnet man für die durchschnittliche Fahrt zum Einsatzort und für die Wegezeit von dort in ein Traumazentrum zusammen 30 Minuten, bleiben maximal 30 Minuten so genannte ‚on scene time‘ für die gesamte notfallmedizinische Versorgung eines Schwerverletzten. Der erfahrene präklinisch Tätige weiß, dass dies oft unmöglich erscheint.

Ein Zeitbedarf von sechs Minuten für die Immobilisation auf die Vakuummatratze unter realen Bedingungen ( $357 \pm 109,35$  Sekunden) entspricht also 20% dieser ‚on scene time‘. Die knapp zwei Minuten für die Immobilisation auf ein Spineboard unter realen Bedingungen ( $112,59 \pm 29,66$  Sekunden) entsprächen hingegen nur 6,7% dieser Zeit. Noch bedeutsamer wird dieser Unterschied, wenn das Ziel sein soll, so wie es in Anlehnung an die zeitgenössische Kriegsmedizin teilweise gefordert wird, innerhalb von zehn Minuten („die platinen zehn Minuten“) eine adäquate Erstversorgung zu leisten (Daban et al. 2014). Auch wenn dies sinnvollerweise nur für hämodynamisch instabile oder nicht stabilisierbare Patienten gelten sollte, so zeigt es doch, welchen Stellenwert selbst wenige Minuten haben, die durch eine bestimmte Immobilisationsmaßnahme einen frühzeitigen Transport erlauben.



Mit dem Spineboard ist es also schneller möglich, einen Patienten zu immobilisieren. Dies bedeutet nicht, dass dem Spineboard deswegen grundsätzlich der Vorzug gegeben werden muss. Es gibt gewiss Situationen, in denen die bessere Anpassung der Vakuummatratze an den Körper des Patienten Vorteile gegenüber dem Spineboard hat. Bezüglich der Röntgendurchlässigkeit gibt es keine großen Unterschiede beider Techniken (Stokkeland et al. 2017). Sowohl die Vakuummatratze als auch das Spineboard könnten in der Realität öfter (als es praktiziert wird) bei der (CT-)Bildgebung belassen werden, um vorzeitige Umlagerungsmanöver, gleichbedeutend mit weiterem Zeitverlust und potenziell vermeidbarer Achsenabweichung der Wirbelsäule, zu vermeiden.

### **4.3 Welche Patienten sollten immobilisiert werden?**

Mit Blick auf den Faktor Zeit kann es bedeutsam sein zu entscheiden, ob ein verletzter Patient präklinisch immobilisiert werden soll oder nicht.

Mit der Canadian C-Spine-Rule (CCS) steht seit vielen Jahren ein sicheres Instrument als Hilfestellung (ebenso zur Indikationsfindung für Röntgenaufnahmen) bereit. Durch ihre Anwendung macht die CCS-Rule fast ein Fünftel der teuren radiologischen Konsequenzen unnötig (Coffey et al. 2011). Zudem ist der Anteil der im konventionellen Röntgen nicht diagnostizierbaren HWS-Frakturen hoch (Gale et al. 2005; Woodring and Lee 1993).

Mit der isolierten klinischen Untersuchung oder zusammen mit der Computertomographie können also Ergebnisse mit hoher Sensitivität erzielt werden.

Gleichwohl kann eine zusätzliche Magnetresonanztomographie (MRT) zur Identifikation von Weichteilverletzungen nötig werden (Gonzalez et al. 2009; Menaker et al. 2010; Saltzherr et al. 2009).

Bei manchen Patienten bleibt der genaue Unfallmechanismus unklar, sodass nicht eindeutig zwischen Verdacht auf HWS - oder BWS/LWS – Verletzung differenziert werden kann und die CCS allein nicht weiterhilft. Für die Einschätzung der unteren Wirbelsäule ist bekannt, dass bis zu 40% der bedeutsamen und teils auch operationsbedürftigen thorakolumbalen

Traumata präklinisch durch das Fehlen von Symptomen kaschiert werden (Frankel et al. 1994).

Auch sind alkoholisierte oder anderweitig intoxikierte Patienten unabhängig von der anatomischen Höhe einer vermuteten Wirbelsäulenverletzung nicht verlässlich zu anamnestizieren und zu untersuchen. In solchen Fällen ist die prophylaktische spinale Immobilisation bis zur radiologischen Abklärung sicherlich empfehlenswert.

Aktuelle Bestrebung ist es, die CCS-Regel als Entscheidungskriterium für die Präklinik zu etablieren (Vaillancourt et al. 2011). Daraus könnte in naher Zukunft eine Methode erwachsen, die eine selektivere präklinische Immobilisation ermöglicht.

37,7% der präklinischen Immobilisationen haben sich durch ihre Anwendung bereits als überflüssig herausgestellt (Vaillancourt et al. 2009), andere Untersuchungen mit vergleichbaren Algorithmen zur HWS – Bewertung finden ähnliche Zahlen (Winslow et al. 2005; Muhr et al. 1999).

Hier handelt es sich also um einen vielversprechenden Ansatz, zeitintensive Prozessabläufe und hohe Kosten für das Gesundheitswesen zu reduzieren. Eine harte HWS-Orthese, bei der es sich aus hygienischen Gründen um einen Einmalartikel handelt, verursacht pro Stück immerhin Kosten in Höhe von etwa 20 € (Kreuder 2011).

Eine andere Studie wiederum kam zu dem überraschenden Ergebnis, dass es bei reinem Verdacht auf eine HWS-Verletzung am schonendsten ist, den Patienten bei angelegter HWS-Orthese selbst aus einem Unfallauto aussteigen zu lassen (Shafer and Naunheim 2009).

Hier wird die Überlegung zur Frage „Immobilisation, Ja oder Nein?“ nahezu ad absurdum geführt. Da ein Kompromiss schwer möglich scheint, gibt das PHTLS-Konzept den folgenden stringenten Leitfaden für eine Immobilisation an die Hand.

## Ersteinschätzung von Wirbelsäulenverletzungen nach klinischen Kriterien

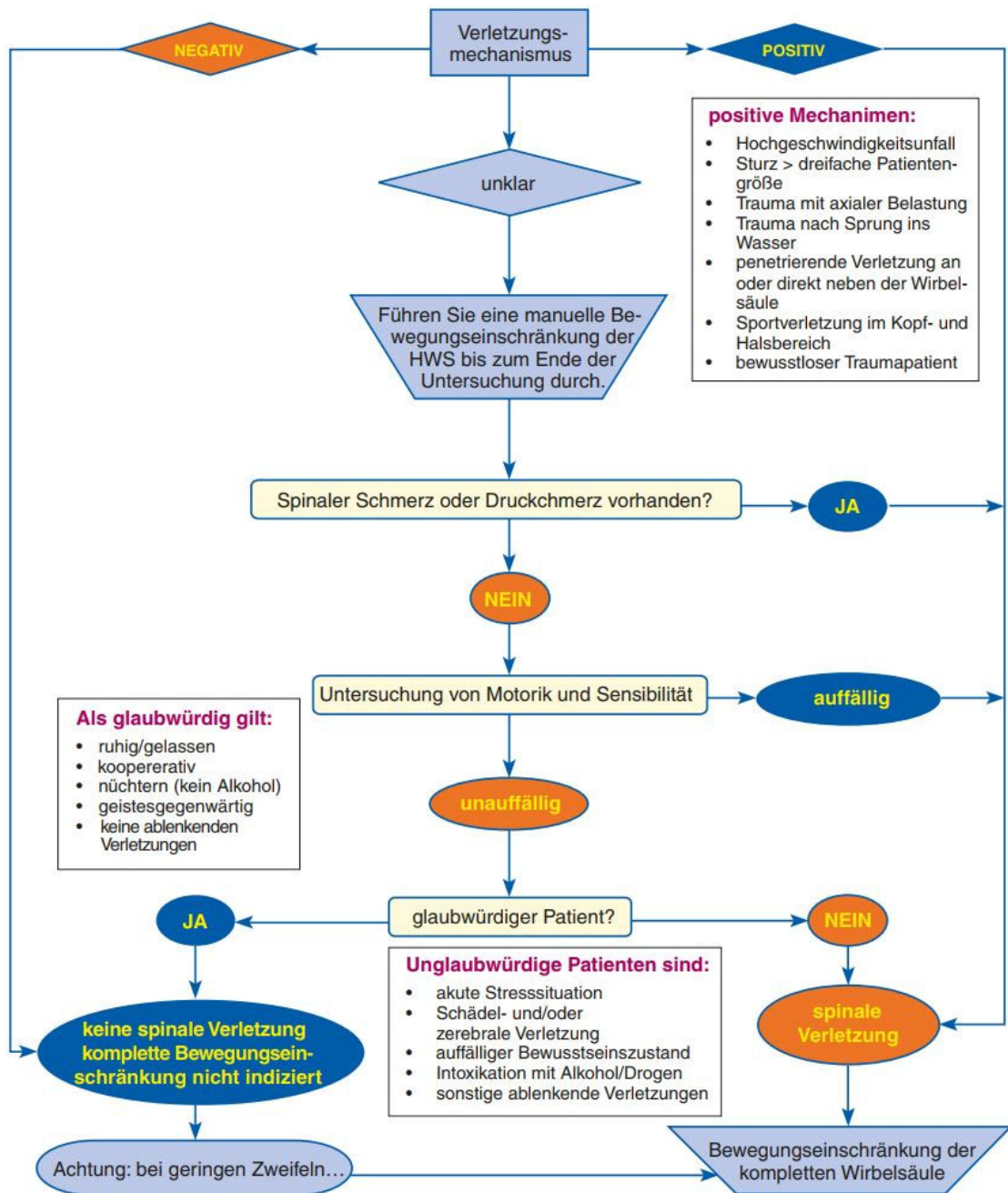


Abbildung 22: Ablaufschema zur Bewegungseinschränkung der Wirbelsäule. Mit freundlicher Genehmigung: John E. Campbell: Präklinische Traumatologie, 7., aktualisierte Auflage, Pearson Deutschland, Hallbergmoos 2012, S. 223.

Ungeachtet dessen gibt es keine evidenzbasierte Empfehlung, wann eine Immobilisation zwingend erforderlich und wann verzichtbar ist, weil Studien fehlen, die unter authentischen Bedingungen diese Frage prospektiv untersucht haben.

Aus diesem Grund wird Rettungsdienstpersonal in dubio eine Immobilisation durchführen. Nicht zuletzt, weil eine nicht durchgeführte HWS-Immobilisation oder eine fehlende Immobilisation auf einem Spineboard oder einer Vakuummatratze bei der Übergabe in einem Traumazentrum als Versorgungsdefizit angesehen wird.

#### **4.4 Limitationen und methodische Einschränkungen**

In dieser Studie wurde untersucht, wie viel Zeit für eine bestimmte Methode einer Ganzkörper-Immobilisation mindestens zu veranschlagen ist. Die gemessenen Zeiten wurden bei der Immobilisation gesunder Probanden untersucht und nicht bei der Immobilisation verletzter Patienten, was aus methodischen und ethischen Gründen schwer möglich wäre. Außerdem wäre in dem Fall die Vergleichbarkeit der Messungen zu divergent.

Die gemessenen Zeiten können daher nur Mindestzeiten darstellen, die bei Unfallverletzten kaum unterschritten werden dürften, eher im Gegenteil.

Unsere Untersuchungsbedingungen waren getrennt in „ideal“ und „real“, denn in der präklinischen Notfallmedizin gibt es naturgemäß auch Patienten, die nach einem Trauma auf einem ebenen Untergrund zu liegen kommen.

In der klinischen Realität kommt es aber auch häufig vor, dass Patienten in unwegsamem Gelände oder zumindest auf unebenem Untergrund zu liegen kommen. Gerade in solchen Situationen ist es aber regelhaft von Bedeutung, den Patienten schnell retten zu können, um ihn unter besseren äußeren Bedingungen untersuchen und behandeln zu können.

Die unter realen Bedingungen gemessenen Zeiten haben für die notfallmedizinische Realität in unseren Augen eine größere Bedeutung als die Messungen unter Idealbedingungen.

In dieser Studie wurde nur der Zeitraum vom Beginn der Immobilisation bis zum Anheben des Probanden gemessen. Systemimmanente Aspekte der einzelnen Methoden wurden dar-

über hinaus nicht berücksichtigt. Hierzu gehört zum Beispiel, dass für die Immobilisation auf eine Vakuummatratze nicht nur diese selbst, sondern auch eine Schaufeltrage und eine leistungsfähige Absaugpumpe benötigt wird.

Während ein Helfer allein ein Spineboard problemlos auch über längere Wegstrecken zu einem Verletzten bringen kann, kann ein Helfer allein die Kombination aus Schaufeltrage, Vakuummatratze und Absaugpumpe nur schwerlich zum Patienten bringen.

Nicht selten wird daher ein Patient in unwegsamem Gelände zunächst mit einer Schaufeltrage angehoben und dann zu einer Trage transportiert. Auch die Zeitdauer, um die auf den Rettungsdienstfahrzeugen verlasteten Immobilisationsgeräte zum Patienten zu bringen muss ja im realen Einsatzszenario noch mitgerechnet werden.

Und zuvor muss ja noch die Entscheidung zu dieser oder jener Technik gefällt worden sein.

Bedacht werden muss auch, dass Routinemaßnahmen wie die Anamnese, körperliche Untersuchung, oder Monitoring von EKG und Pulsoxymetrie in verschiedenem Ausmaß, etwa mit ihren Kabeln, mit dem Immobilisationsvorgang interferieren.

Auch das Anlegen einer Venenverweilkanüle beeinflusst und verzögert den Beginn des Transportes (Gonzalez et al. 2008; Gonzalez et al. 2011). Solche Maßnahmen dürften jedoch – bezogen auf den zusätzlichen Zeitaufwand – bei beiden Immobilisationsverfahren gleichermaßen zum Tragen kommen.

Ein weiterer Aspekt ist die Methode der Log-Roll Technik in dieser Studie. In der Literatur herrscht noch Uneinigkeit über die Frage, welche Technik optimal für ein achsengerechtes Drehen eines Patienten ist.

Die gebräuchlichsten Techniken sind die Lift-And-Slide-Technik sowie der Log-Roll. Für den Log-Roll werden mindestens vier Helfer, für die Lift-And-Slide-Technik sogar sechs oder mehr Helfer (6-Person-Plus-Technik) benötigt. Dabei kommt es bei beiden Techniken zu keinen signifikant stärkeren Bewegungen der Wirbelsäule als bei der Verwendung einer Schaufeltrage (Del Rossi et al. 2010).

In Untersuchungen wurden ähnliche Bewegungsamplituden bei beiden Transfertechniken (Del Rossi et al. 2004b) gesehen. Untersuchungen zur Achsabweichung bei artifiziell frakturierten Wirbelsäulen von Leichen, die das Log-Roll-Manöver eher abwerten (Rechtine et al.

2007; Del Rossi et al. 2008b), erscheinen nur bedingt verwertbar, da bei Toten kein Muskeltonus besteht.

Zwar gibt es auch Untersuchungen an lebenden Probanden, die Vorteile für die Lift-And-Slide-Technik sehen (Del Rossi et al. 2008a; Del Rossi et al. 2004a; Horodyski et al. 2011), gleichwohl wird das Log-Roll-Manöver von ATLS (Student Course Manual Advanced Trauma Life Support) zum Spineboard-Transfer eines Patienten empfohlen (American College Of Surgeons 2008) und auch in der deutschen Literatur zur Akutversorgung des Schwerverletzten findet sich das Log-Roll-Manöver wieder (Pape et al. 2018).

## 4.5 Abschlussbetrachtung und Bedeutung der Ergebnisse für die Praxis

In der präklinischen Notfallmedizin müssen Rettungskräfte entscheiden, welche Methode zur Immobilisation in einer bestimmten Situation den Bedürfnissen des Patienten am besten gerecht wird. Nach Anlage einer HWS-Immobilisation stellt sich also die Frage: soll ein Patient auf die Vakuummatratze oder auf das Spineboard?

Historisch betrachtet ist die Vakuummatratze in Verbindung mit der Schaufeltrage die in Deutschland etablierte Methode zur Immobilisation. Da die DIN EN 1789 bzw. EN 1865 für die medizintechnische Ausstattung für Krankenkraftwagen Typ C (Rettungswagen) optional auch ein langes Wirbelsäulenbrett mit Kopfruhigstellung und Sicherungsgurten aufführt, steht regelhaft auch ein Spineboard in der Präklinik zur Verfügung.

Algorithmen, mit welcher Methode immobilisiert werden soll, gibt es aber nicht. Vielmehr wird situativ entschieden, welche Methode eingesetzt wird. Das Spineboard wird gerne in Situationen bevorzugt, in denen die Rigidität und die glatte Fläche im Rahmen einer technischen Rettung Vorteile hat.

Zudem wird das Spineboard in Ausbildungskursen, die in den USA gegründet wurden (ATLS® oder PHTLS®) favorisiert. Die Vakuummatratze kommt dort nicht zum Einsatz.

Durch den möglichen Zeitgewinn, der durch eine Immobilisation mit einem Spineboard erzielbar ist, sollte immer dann dieser Methode der Vorzug gegeben werden, wenn es keine rationalen Argumente für den Einsatz der Vakuummatratze gibt.

## 5 Zusammenfassung

Untersucht wurde, ob es unter dem Aspekt des Zeitmanagements bei der Patientenimmobilisation von Verletzten einen Vorteil für eine der beiden Techniken Schaufeltrage/Vakuummatratze versus Spineboard gibt. Die Maßnahme ‚Immobilisation‘ ist Bestandteil der neuen Leitlinie Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zur Versorgung Schwerverletzter.

Die Teilnehmer unserer Studie setzten sich aus bereits oder zukünftig in der präklinischen Versorgung tätigen Personengruppen wie Ärzten, Rettungsassistenten, First Respondern und Feuerwehrmännern aber auch einer großen Gruppe von Medizinstudenten zusammen.

Zunächst wurde den Teilnehmern das eigens angefertigte Instruktionsvideo mit Veranschaulichung der Geräteanwendung und der Technik zur achsengerechten Patientenbewegung (Log-Roll) vorgeführt. Anschließend durchliefen die Probanden Übungsdurchgänge, die in ihrer Intensität den Vorkenntnissen angepasst waren. Schließlich führten die Probanden eigenständig und unter Videoaufzeichnung die Immobilisationen unter idealen wie auch unter realistischen Bedingungen durch.

Das Filmmaterial wurde ausgewertet und der Zeitbedarf getrennt nach Methode (Hilfsmittel) und anderen Parametern wie Bedingung (ideal oder realistisch) und Qualifikation ermittelt. Allen Probanden war bereits eine HWS-Orthese angelegt.

Es wurden 172 Messungen gewonnen, 78 davon mit Vakuummatratze (VM) und 94 mit dem Spineboard (SB).

Die Immobilisation auf eine VM dauerte signifikant länger als auf ein SB ( $289,4 \pm 97,2$  vs.  $94,0 \pm 29,2$  sec.  $p < 0,01$ ), Dies war sowohl unter idealen ( $254,5 \pm 68,5$  vs.  $83,4 \pm 23,2$  sec.  $p < 0,01$ ) als auch unter realistischen ( $357,9 \pm 109,4$  vs. SB  $112,6 \pm 29,7$  sec.  $p < 0,01$ ) Bedingungen der Fall, wobei die Zeitdifferenz zwischen den Methoden unter realistischen Bedingungen noch größer war ( $\Delta t_{\text{ideal}} 171,1$  vs.  $\Delta t_{\text{real}} 245,3$  sec).

So dauerte die Immobilisation unter realistischen Bedingungen mit der Vakuummatratze also etwa sechs Minuten, die Anwendung eines Spineboards zur Wirbelsäulenimmobilisation hingegen keine zwei Minuten.



Im Hinblick auf derzeitige präklinische Verweildauern kann die Verwendung eines Spineboards einen deutlichen Zeitvorteil bedeuten. Ein Zeitgewinn von vier Minuten entspricht immerhin 12,5 % der mittleren präklinischen Verweildauer von 31,6 Minuten in Deutschland (Steinbach 2010).

Legt man den von der ITLS erhobenen Anspruch von lediglich zehn Minuten präklinischer Verweildauer zugrunde, resultiert beinahe eine Halbierung der ‚on scene time‘.

So sollte je nach Einsatzindikation durch den Notarzt entschieden werden, ob ein rasches Erreichen der Zielklinik vorrangig und für die Prognose des Patienten unerlässlich ist.

## Literaturverzeichnis

Afentakis A, Böhm K: Themenheft 46 "Beschäftigte im Gesundheitswesen"; Robert Koch-Institut 2009

Ahidjo KA, Olayinka SA, Ayokunle O, Mustapha AF, Sulaiman GAA, Gbolahan AT (2011): Prehospital transport of patients with spinal cord injury in Nigeria. *J Spinal Cord Med* 34, 308–311

American College Of Surgeons: ATLS, advanced trauma life support for doctors: (Student Course Manual), 8. Auflage; American College of Surgeons, Chicago, IL 2008

Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutscher Notärzte (2008): Eckpunktepapier zur notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in Klinik und Präklinik. *Notf Rett Med* 11, 421–422

Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV): Grundtätigkeiten - Lösch- und Hilfeleistungseinsatz -: Feuerwehr-Dienstvorschrift 1, Bremen 2006

Báez AA, Schiebel N (2006): Evidence-based emergency medicine/systematic review abstract. Is routine spinal immobilization an effective intervention for trauma patients? *Ann Emerg Med* 47, 110–112

Bandiera G, Stiell IG, Wells GA, Clement C, Maio V de, Vandemheen KL, Greenberg GH, Lesiuk H, Brison R, Cass D et al. (2003): The Canadian C-spine rule performs better than unstructured physician judgment. *Ann Emerg Med* 42, 395–402

Behrendt KP: Die Kriegschirurgie von 1939-1945 aus der Sicht der Beratenden Chirurgen des deutschen Heeres im Zweiten Weltkrieg. Medizinische Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau 2003

Benini A, Bonar SK (1996): Andreas Vesalius 1514-1564. *Spine* 21, 1388–1393

Bernhard M, Helm M, Aul A, Gries A (2004): Präklinisches Management des Polytraumas. *Anaesthesist* 53, 887-902

Bernhard M, Roessler M (2011): "Hand in Hand" Wenn beim Notfall jede Sekunde zählt ... *Anaesthesist* 60, 707–708

Bernhardt, M., Hänzi, P. (Hrsg.) (2009): Präklinisches Traumamanagement: Das PHTLS-Konzept, 1. Aufl., auf Grundlage der 6. engl. Aufl; Urban & Fischer Elsevier, München 2009

Biewener A, Aschenbrenner U, Rammelt S, Grass R, Zwipp H (2004): Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. *J Trauma* 56, 94–98

- Blackwell TH, Kline JA, Willis JJ, Hicks GM (2009): Lack of association between prehospital response times and patient outcomes. *Prehosp Emerg Care* 13, 444–450
- Blair JA, Patzkowski JC, Schoenfeld AJ, Cross Rivera JD, Grenier ES, Lehman RA, Hsu JR (2012): Spinal column injuries among Americans in the global war on terrorism. *J Bone Joint Surg Am* 94, e135(1-9)
- Borius PY, Gouader I, Bousquet P, Draper L, Roux F-E (2010): Cervical spine injuries resulting from diving accidents in swimming pools: outcome of 34 patients. *Eur Spine J* 19, 552–557
- Brehaut JC, Graham ID, Wood TJ, Taljaard M, Eagles D, Lott A, Clement C, Kelly AM, Mason S, Stiell IG (2010): Measuring acceptability of clinical decision rules: validation of the Ottawa acceptability of decision rules instrument (OADRI) in four countries. *Med Decis Making* 30, 398–408
- Brinke JG ten, Groen SR, Dehnad M, Saltzherr TP, Hogervorst M, Goslings JC (2018): Prehospital care of spinal injuries: a historical quest for reasoning and evidence. *Eur Spine J* 27, 2999–3006
- Bundesärztekammer: (Muster-)Kursbuch Notfallmedizin: Methodische Empfehlungen, Lehr- und Lerninhalte für den Weiterbildungskurs zum Inhalt der Zusatz-Weiterbildung „Notfallmedizin“ gemäß (Muster-)Weiterbildungsordnung der Bundesärztekammer, Berlin 2006, überarbeitet 2014
- Burney RE, Maio RF, Maynard F, Karunas R (1993): Incidence, characteristics, and outcome of spinal cord injury at trauma centers in North America. *Arch Surg* 128, 596–599
- Carr BG, Caplan JM, Pryor JP, Branas CC (2006): A meta-analysis of prehospital care times for trauma. *Prehosp Emerg Care* 10, 198–206
- Chiu WC, Haan JM, Cushing BM, Kramer ME, Scalea TM (2001): Ligamentous injuries of the cervical spine in unreliable blunt trauma patients: incidence, evaluation, and outcome. *J Trauma* 50, 457-463; discussion 464
- Coffey F, Hewitt S, Stiell I, Howarth N, Miller P, Clement C, Emberton P, Jabbar A (2011): Validation of the Canadian c-spine rule in the UK emergency department setting. *Emerg Med J* 28, 873–876
- Cowley RA (1976): Resuscitation and stabilization of major multiple trauma patients in a trauma center Environment. *Clinical Medicine* 83, 16–22
- Daban JL, Falzone E, Boutonnet M, Peigne V, Lenoir B (2014): Blessés au combat, dix minutes en platine, une heure en or. *Soins* 59, 14–15

- Davis JW, Phreaner DL, Hoyt DB, Mackersie RC (1993): The etiology of missed cervical spine injuries. *J Trauma* 34, 342–346
- Debenham S, Fuller M, Stewart M, Price RR (2017): Where There is No EMS: Lay Providers in Emergency Medical Services Care - EMS as a Public Health Priority. *Prehosp Disaster Med* 32, 593–595
- Del Rossi G, Heffernan TP, Horodyski M, Rechtine GR (2004a): The effectiveness of extrication collars tested during the execution of spine-board transfer techniques. *Spine J* 4, 619–623
- Del Rossi G, Horodyski M, Conrad BP, Dipaola CP, Dipaola MJ, Rechtine GR (2008a): Transferring patients with thoracolumbar spinal instability: are there alternatives to the log roll maneuver? *Spine* 33, 1611–1615
- Del Rossi G, Horodyski M, Heffernan TP, Powers ME, Siders R, Brunt D, Rechtine GR (2004b): Spine-board transfer techniques and the unstable cervical spine. *Spine* 29, E134-8
- Del Rossi G, Horodyski MH, Conrad BP, Di Paola CP, Di Paola MJ, Rechtine GR (2008b): The 6-plus-person lift transfer technique compared with other methods of spine boarding. *J Athl Train* 43, 6–13
- Del Rossi G, Rechtine GR, Conrad BP, Horodyski M (2010): Are scoop stretchers suitable for use on spine-injured patients? *Am J Emerg Med* 28, 751–756
- Deshaies EM, DiRisio D, Popp AJ (2004): Medieval management of spinal injuries: parallels between Theodoric of Bologna and contemporary spine surgeons. *Neurosurg Focus* 16, E3
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie: S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung. AWMF Register-Nr. 012/019, 2. Auflage, Berlin 2016
- Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e. V.: Weißbuch Schwerverletztenversorgung: Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletztenversorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin 2012
- DeVivo MJ (1997): Causes and costs of spinal cord injury in the United States. *Spinal Cord* 35, 809–813
- DeVivo MJ, Chen Y (2011): Trends in new injuries, prevalent cases, and aging with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 92, 332–338
- Dick WF (2003): Anglo-American vs. Franco-German emergency medical services system. *Prehosp Disaster Med* 18, 29-35; discussion 35-7
- Domeier RM (1999): Indications for prehospital spinal immobilization. National Association of EMS Physicians Standards and Clinical Practice Committee. *Prehosp Emerg Care* 3, 251–253

- Dryden DM, Saunders LD, Jacobs P, Schopflocher DP, Rowe BH, May LA, Yiannakoulis N, Svenson LW, Voaklander DC (2005): Direct health care costs after traumatic spinal cord injury. *J Trauma* 59, 464–467
- Duane TM, Wilson SP, Mayglothling J, Wolfe LG, Aboutanos MB, Whelan JF, Malhotra AK, Ivatury RR (2011): Canadian Cervical Spine rule compared with computed tomography: a prospective analysis. *J Trauma* 71, 352-5; discussion 355-7
- Dudenredaktion (o.J.): "Immobilisation" auf Duden online. <https://www.duden.de/suchen/dudenonline/immobilisation>, abgerufen am: 16.09.2019
- Easton KC (1969): Road traffic accidents. The therapeutic vacuum. *Br J Surg* 56, 717–718
- Fischer M, Krep H, Wierich D, Heister U, Hoeft A, Edwards S, Castrillo-Riesgo LG, Krafft T (2003): Effektivitäts- und Effizienzvergleich der Rettungsdienstsysteme in Birmingham (UK) und Bonn (D). *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 38, 630–642
- Frankel HL, Rozycki GS, Ochsner MG, Harviel JD, Champion HR (1994): Indications for obtaining surveillance thoracic and lumbar spine radiographs. *J Trauma* 37, 673–676
- Frink M, Probst C, Hildebrand F, Richter M, Hausmanninger C, Wiese B, Krettek C, Pape HC (2007): Einfluss des Transportmittels auf die Letalität bei polytraumatisierten Patienten. Eine Analyse anhand des Deutschen Traumaregisters. *Unfallchirurg* 110, 334–340
- Gale SC, Gracias VH, Reilly PM, Schwab CW (2005): The inefficiency of plain radiography to evaluate the cervical spine after blunt trauma. *J Trauma* 59, 1121–1125
- Garcia A, Liu TH, Victorino GP (2014): Cost-utility analysis of prehospital spine immobilization recommendations for penetrating trauma. *J Trauma Acute Care Surg* 76, 534–541
- Gautschi OP, Cadosch D, Rajan G, Zellweger R (2008): Earthquakes and trauma: review of triage and injury-specific, immediate care. *Prehosp Disaster Med* 23, 195–201
- Gonzalez RP, Cummings GR, Phelan HA, Bosarge PL, Rodning CB (2009): Clinical examination in complement with computed tomography scan: an effective method for identification of cervical spine injury. *J Trauma* 67, 1297–1304
- Gonzalez RP, Cummings GR, Phelan HA, Mulekar MS, Rodning CB (2008): On-scene intravenous line insertion adversely impacts prehospital time in rural vehicular trauma. *Am Surg* 74, 1083–1087
- Gonzalez RP, Cummings GR, Rodning CB (2011): Rural EMS en route IV insertion improves IV insertion success rates and EMS scene time. *Am J Surg* 201, 344-7; discussion 347
- Gorgaß B: Rettungsassistent und Rettungssanitäter, 6. Auflage; Springer Berlin / Heidelberg, Berlin, Heidelberg 2001

- Hasler RM, Hüttner HE, Keel MJB, Durrer B, Zimmermann H, Exadaktylos AK, Benneker LM (2012): Spinal and pelvic injuries in airborne sports: a retrospective analysis from a major Swiss trauma centre. *Injury* 43, 440–445
- Hauswald M, Braude D (2002): Spinal immobilization in trauma patients: is it really necessary? *Curr Opin Crit Care* 8, 566–570
- Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, Todd KH, Zucker MI (2000): Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group. *N Engl J Med* 343, 94–99
- Horodyski M, Conrad BP, Del Rossi G, Dipaola CP, Rehtine GR (2011): Removing a patient from the spine board: is the lift and slide safer than the log roll? *J Trauma* 70, 1282-5; discussion 1285
- Jackson AB, Dijkers M, DeVivo MJ, Poczatek RB (2004): A demographic profile of new traumatic spinal cord injuries: change and stability over 30 years. *Arch Phys Med Rehabil* 85, 1740–1748
- Jünger, J. (Hrsg.) (2012): *OSCE Notfallmedizin (OSCE Prüfungsvorbereitung)*; Thieme, Stuttgart 2012
- Kandziora F, Schleicher P, Schnake KJ, Reinhold M, Aarabi B, Bellabarba C, Chapman J, Dvorak M, Fehlings M, Grossman R et al. (2016): Die AOSpine-Klassifikation thorakolumbaler Wirbelsäulenverletzungen. *Z Orthop Unfall* 154, 35–42
- Kessel N: *Geschichte des Rettungsdienstes 1945 - 1990: Vom "Volk von Lebensrettern" zum Berufsbild "Rettungsassistent/in" (Medizingeschichte im Kontext 13)*; Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main 2008
- Kirschner M (1938): Die fahrbare chirurgische Klinik: Röntgen-, Operations- und Schwerverletztenabteilung. *Der Chirurg* 10, 713–719
- Korres DS, Benetos IS, Themistocleous GS, Mavrogenis AF, Nikolakakos L, Liantis PT (2006): Diving injuries of the cervical spine in amateur divers. *Spine J* 6, 44–49
- Kreuder M (2011): Präklinische HWS-Immobilisation auf Grundlage der „Canadian C-Spine Rule“. *Notfall Rettungsmed* 14, 497–499
- Kwan I, Bunn F, Roberts I (2001): Spinal immobilisation for trauma patients. *Cochrane Database Syst Rev*, CD002803
- Lasfargues JE, Custis D, Morrone F, Carswell J, Nguyen T (1995): A model for estimating spinal cord injury prevalence in the United States. *Paraplegia* 33, 62–68

- Lechner R, Achatz G, Hauer T, Palm HG, Lieber A, Willy C (2010): Verletzungsmuster und -ursachen in modernen Kriegen. *Unfallchirurg* 113, 106–113
- Lerner EB, Moscati RM (2001): The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? *Acad Emerg Med* 8, 758–760
- Lidell JA (1864): On Injuries of the Spine, including Concussion of the Spinal Cord. *The American journal of the medical sciences* 48, 305–328
- Maio RF, Green PE, Becker MP, Burney RE, Compton C (1992): Rural motor vehicle crash mortality: the role of crash severity and medical resources. *Accid Anal Prev* 24, 631–642
- Maio RF, Wu A, Blow FC, Zink B (1995): EMS providers do not accurately note motor-vehicle crash patients with positive serum alcohol concentrations. *Prehosp Disaster Med* 10, 110–112
- Marketos SG, Skiadas P (1999a): Hippocrates. The father of spine surgery. *Spine* 24, 1381–1387
- Marketos SG, Skiadas PK (1999b): Galen: a pioneer of spine research. *Spine* 24, 2358–2362
- Menaker J, Stein DM, Philp AS, Scalea TM (2010): 40-slice multidetector CT: is MRI still necessary for cervical spine clearance after blunt trauma? *Am Surg* 76, 157–163
- Meyer-Radtke M (2009): Medizin: Aus Herr Doktor wird Frau Doktor, 14 Dezember 2009. <https://www.zeit.de/karriere/beruf/2009-12/feminisierung-medizin>, abgerufen am: 09.09.2019
- Muhr MD, Seabrook DL, Wittwer LK (1999): Paramedic use of a spinal injury clearance algorithm reduces spinal immobilization in the out-of-hospital setting. *Prehosp Emerg Care* 3, 1–6
- Oborin NA (1969): Kostopravy i kostopravnoe delo v russkom gosudarstve XVII veka. *Ortop Travmatol Protez* 30, 65–69
- O'Connor P (2002): Incidence and patterns of spinal cord injury in Australia. *Accid Anal Prev* 34, 405–415
- Orledge JD, Pepe PE (1998): Out-of-hospital spinal immobilization: is it really necessary? *Acad Emerg Med* 5, 203–204
- Osterwalder JJ (2002): Can the "golden hour of shock" safely be extended in blunt polytrauma patients? Prospective cohort study at a level I hospital in eastern Switzerland. *Prehosp Disaster Med* 17, 75–80
- Osterwalder JJ (2003): Mortality of blunt polytrauma: a comparison between emergency physicians and emergency medical technicians--prospective cohort study at a level I hospital in eastern Switzerland. *J Trauma* 55, 355–361

- Pape HC, Hildebrand F, Ruchholtz S: Management des Schwerverletzten; Springer Berlin Heidelberg 2018
- Peek-Asa C, Zwerling C, Stallones L (2004): Acute traumatic injuries in rural populations. *Am J Public Health* 94, 1689–1693
- Peralta LMP (2006): The prehospital emergency care system in Mexico City: a system's performance evaluation. *Prehosp Disaster Med* 21, 104–111
- Pirouzmand F (2010): Epidemiological trends of spine and spinal cord injuries in the largest Canadian adult trauma center from 1986 to 2006. *J Neurosurg Spine* 12, 131–140
- Pons PT, Haukoos JS, Bludworth W, Cribley T, Pons KA, Markovchick VJ (2005): Paramedic response time: does it affect patient survival? *Acad Emerg Med* 12, 594–600
- Pons PT, Markovchick VJ (2002): Eight minutes or less: does the ambulance response time guideline impact trauma patient outcome? *J Emerg Med* 23, 43–48
- Probst C, Richter M, Haasper C, Lefering R, Otte D, Oestern HJ, Krettek C, Hübner T (2008): Trauma- und Unfalldokumentation in Deutschland. Eine Standortbestimmung im europäischen Vergleich. *Chirurg* 79, 650–656
- Ramasamy A, Midwinter M, Mahoney P, Clasper J (2009): Learning the lessons from conflict: pre-hospital cervical spine stabilisation following ballistic neck trauma. *Injury* 40, 1342–1345
- Rechtine GR, Conrad BP, Bearden BG, Horodyski M (2007): Biomechanical analysis of cervical and thoracolumbar spine motion in intact and partially and completely unstable cadaver spine models with kinetic bed therapy or traditional log roll. *J Trauma* 62, 383–8; discussion 388
- Roessler M, Segref M, Schneider S, Schmid O, Quintel M (2012): Zeitbedarf für die Wirbelsäulenimmobilisation von Verletzten: Vakuummatratze vs. Spineboard. *Anästh Intensivmed* 53, 33
- Saltzherr TP, Fung Kon Jin PHP, Beenen LFM, Vandertop WP, Goslings JC (2009): Diagnostic imaging of cervical spine injuries following blunt trauma: a review of the literature and practical guideline. *Injury* 40, 795–800
- Sawyer JR, Bernard MS, Schroeder RJ, Kelly DM, Warnersurname WC (2011): Trends in all-terrain vehicle-related spinal injuries in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 31, 623–627
- Schinkel C, Frangen TM, Kmetz A, Andress HJ, Muhr G (2007): Wirbelsäulenfrakturen bei Mehrfachverletzten Eine Analyse des DGU-Traumaregisters. *Unfallchirurg* 110, 946–952
- Schoenfeld AJ, Lehman RA, Hsu JR (2012): Evaluation and management of combat-related spinal injuries: a review based on recent experiences. *Spine J* 12, 817–823



- Sektion Notfall- & Intensivmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), Arbeitskreis TraumaRegister: TraumaRegister DGU Jahresbericht 2015 2015
- Shafer JS, Naunheim RS (2009): Cervical spine motion during extrication: a pilot study. *West J Emerg Med* 10, 74–78
- Silver JR (2005): History of the treatment of spinal injuries. *Postgrad Med J* 81, 108–114
- Statistisches Bundesamt (Destatis): Todesursachen in Deutschland - Fachserie 12 Reihe 4 - 2011, Wiesbaden 2012
- Steinbach HE-M: Die präklinische Versorgung und deren Auswirkung auf das Outcome von Verletzten mit penetrierendem Trauma in Deutschland. eine Analyse aus dem Traumaregister der DGU Ludwig-Maximilians-Universität 2010
- Stiell IG, Clement CM, McKnight RD, Brison R, Schull MJ, Rowe BH, Worthington JR, Eisenhauer MA, Cass D, Greenberg G et al. (2003): The Canadian C-spine rule versus the NEXUS low-risk criteria in patients with trauma. *N Engl J Med* 349, 2510–2518
- Stiell IG, Clement CM, O'Connor A, Davies B, Leclair C, Sheehan P, Clavet T, Beland C, MacKenzie T, Wells GA (2010): Multicentre prospective validation of use of the Canadian C-Spine Rule by triage nurses in the emergency department. *CMAJ* 182, 1173–1179
- Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, Clement CM, Lesiuk H, Maio VJ de, Laupacis A, Schull M, McKnight RD, Verbeek R et al. (2001): The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 286, 1841–1848
- Stokkeland PJ, Andersen E, Bjørndal MM, Mikalsen AM, Aslaksen S, Hyldmo PK (2017): Maintaining immobilisation devices on trauma patients during CT: a feasibility study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 25, 84
- Thomas SH, Harrison TH, Buras WR, Ahmed W, Cheema F, Wedel SK (2002): Helicopter transport and blunt trauma mortality: a multicenter trial. *J Trauma* 52, 136–145
- Thompson WL, Stiell IG, Clement CM, Brison RJ (2009): Association of injury mechanism with the risk of cervical spine fractures. *CJEM* 11, 14–22
- Vaillancourt C, Charette M, Kasaboski A, Maloney J, Wells GA, Stiell IG (2011): Evaluation of the safety of C-spine clearance by paramedics: design and methodology. *BMC Emerg Med* 11, 1
- Vaillancourt C, Stiell IG, Beaudoin T, Maloney J, Anton AR, Bradford P, Cain E, Travers A, Stempien M, Lees M et al. (2009): The out-of-hospital validation of the Canadian C-Spine Rule by paramedics. *Ann Emerg Med* 54, 663-671.e1

- van Middendorp JJ, Sanchez GM, Burrige AL (2010): The Edwin Smith papyrus: a clinical reappraisal of the oldest known document on spinal injuries. *Eur Spine J* 19, 1815–1823
- Vorndran I: Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2010, Wiesbaden 2011
- Wagner B: Der Hamburger Rettungsdienst und seine Geschichte: 160 Jahre zwischen Behörde und Ehrenamt; Diplomica-Verl., Hamburg 2013
- Winslow JA, Goodman C, McMahon B (2005): Unnecessary Prehospital Spinal Immobilization. *Ann Emerg Med* 46, 61
- Winterberger E, Jacomet H, Zafren K, Ruffinen GZ, Jelk B (2008): The use of extrication devices in crevasse accidents: official statement of the International Commission for Mountain Emergency Medicine and the Terrestrial Rescue Commission of the International Commission for Alpine Rescue intended for physicians, paramedics, and mountain rescuers. *Wilderness Environ Med* 19, 108–110
- Wittge M (2009): Allein unter Berliner Feuerwehrmännern: "Frauen in Männerberufen". *Berliner Morgenpost*, 22. Oktober 2009. <https://www.morgenpost.de/berlin/article104735347/Allein-unter-Berliner-Feuerwehrmaennern.html>, abgerufen am: 11.09.2019
- Woodring JH, Lee C (1993): Limitations of cervical radiography in the evaluation of acute cervical trauma. *J Trauma* 34, 32–39
- Wyndaele M, Wyndaele JJ (2006): Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord* 44, 523–529
- Xarchas KC, Bourandas J (2003): Injuries and diseases of the spine in the ancient times. *Spine* 28, 1481–1484
- Zeckey C, Hildebrand F, Probst C, Krettek C (2010): Traumasysteme in Deutschland, USA und Australien. Ein internationaler Vergleich. *Unfallchirurg* 113, 771-4, 776-7