

Aus der Klinik für Neurochirurgie  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Direktor: Univ.- Prof. Dr.med. Hans-Jakob Steiger

Langzeit-Outcome und Lebensqualität  
von Patienten nach Halswirbelsäulenverletzungen in Düsseldorf

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von  
Fadoua Abdeluahid

2019

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr.med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: PD Dr. med. J.F. Cornelius

Zweitgutachter: PD Dr. med. J. Grassmann

## **Zusammenfassung**

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, eine aktuelle Kohorte von Patienten mit Halswirbelsäulen (HWS)-Verletzung hinsichtlich des Langzeitoutcomes und der Lebensqualität (LQ) zu analysieren. Es wurden der Unfallmechanismus, die Therapie, das neurologische Outcome sowie das subjektive Beschwerdebild im Langzeitverlauf untersucht. Ferner wurde die LQ der Studiengruppe und der deutschen Normpopulation verglichen und analysiert ob das Alter, das Geschlecht und die Verletzungsart (isolierte HWS-Verletzung, HWS-Verletzung mit Schädel-Hirn-Trauma (SHT), HWS-Verletzung mit Polytrauma) einen Einfluss auf die LQ haben. In die retrospektiv-klinische Studie konnten 129 Patienten eingeschlossen werden, die im Zeitraum vom Januar 2003 – Juni 2013 in der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Düsseldorf aufgrund einer HWS-Verletzung behandelt wurden. Es erfolgte eine klinisch-radiologische Datenanalyse sowie die Auswertung des Fragebogens SF-36. Das Durchschnittsalter der Studienpopulation betrug 61,8 Jahre; mit 53,5% war die Mehrheit älter als 65 Jahre. Stürze stellten mit 56,6% die häufigste Unfallursache dar, gefolgt von Verkehrsunfällen (20,2%). Rückenmarksverletzungen kamen bei einem Drittel aller Patienten vor. Eine neurologische Erholung lag bei 74,4 % zur letzten Nachuntersuchung vor, bei 25,6% kam es zu keiner Verbesserung. Die Mehrheit (76,7%) der Patienten erhielt eine operative Therapie, bei 40,4% erfolgte diese innerhalb von 24 Stunden. Drei Viertel der Patienten (76,3%) gab nach der HWS-Verletzung fortwährende Beschwerden an. Darunter dominierten Nackenschmerzen und eine eingeschränkte Beweglichkeit der HWS. Die Patienten bewerteten ihre gesundheitsbezogene LQ im Vergleich zur Normstichprobe der bundesdeutschen Bevölkerung signifikant schlechter. Mit steigendem Alter zeigte sich ein signifikant niedrigerer physical component score (PCS). Der mental component score (MCS) korrelierte nicht mit dem Alter. Die LQ von Patienten mit unterschiedlichen Verletzungsarten zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Aus unserer Studie folgern wir, dass die Unfallursachen im Vergleich zur Situation von einem Jahrzehnt dieselben geblieben sind. Bei der Behandlung ist ein Trend zur frühzeitigen, sogenannten „day1-surgery“ zu erkennen. Bezüglich des neurologischen Outcomes gibt es einen relativ stabilen Prozentsatz an Patienten (ca. 25-30%), der trotz stetiger Therapieoptimierungen im vergangenen Jahrzehnt letztlich keine neurologische Besserung erfährt. Die subjektive LQ von Patienten nach einem HWS-Trauma, unabhängig von der Verletzungskonstellation ist im körperlichen und mentalen Bereich signifikant eingeschränkt. Jüngere Patienten scheinen sich physisch besser von dem HWS-Trauma zu erholen als ältere Patienten, während die mentale Erholung weitestgehend altersunabhängig ist.

## **Abstract**

This study aimed to analyze a contemporary neurosurgical series of patients with cervical spine injury (CSI) regarding their long-term outcome and quality of life. Particular attention was paid to injury mechanism, therapy, neurological outcome and subjective symptoms after long-term follow-up. Influence of age, gender and injury pattern (isolated CSI, CSI with craniocerebral injury, CSI with multiple trauma) on quality of life (QL) was examined. 129 patients with CSI admitted to the neuro-surgical department between January 2003 and June 2013 were included in this retrospective study. Clinical and imaging records were assessed. In addition the questionnaire SF-36 was analyzed.

Mean age of the study population was 61.8 years; the majority (53.5%) was older than 65 years. The main injury causes were falls (56.6%) and traffic accidents (20.2%). One third of the patients had a spinal cord injury. 74.4% of those achieved full neurological recovery at last follow-up. In 25.6% neurological status remained unchanged. The majority (76,7%) underwent surgical treatment, in 40.4% this was performed within 24 h. 76.3% of the patients complained about residual neck pain and lowered mobility of the cervical spine. QL of patients with CSI was significantly lower as compared with the normative German population. Older age was significantly associated with lower physical component score (PCS). In contrast the mental component score (MCS) did not correlate with age. No significant difference in QL concerning injury pattern (isolated CSI, CSI with craniocerebral injury or CSI with multiple trauma) was found.

The results of this study suggest that the principal causes of CSI have remained unchanged over the last decade. As to treatment a trend to early so-called „day1-surgery“ becomes apparent. Regarding neurological outcome there is a steady percentage of patients (approx. 25-30%), that does not achieve neurological recovery despite optimized therapy during the last decade. Regardless of the injury pattern subjective QL after CSI is significantly lower in physical and mental health. In younger patients physical recovery after CSI seems to be more successful than in older patients, whereas mental recovery is independent of age.

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abb.</b>	Abbildung	<b>MRT</b>	Magnetresonanztomographie
<b>AGES</b>	Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	<b>Nexus</b>	National Emergency X-Radiography Utilization Study
<b>AIS</b>	Abbreviated Injury Scale	<b>N</b>	Anzahl
<b>AO</b>	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen	<b>PACS</b>	Picture Archiving and Communication System
<b>ASIA</b>	American Spinal Injury Association	<b>PCS</b>	physical component score
<b>bds.</b>	beidseits	<b>PSYC</b>	psychisches Wohlbefinden
<b>BWK</b>	Brustwirbelkörper	<b>SCHM</b>	körperliche Schmerzen
<b>BWS</b>	Brustwirbelsäule	<b>SF-36</b>	Short Form-36
<b>CT</b>	Computertomographie	<b>SHT</b>	Schädel-Hirn-Trauma
<b>DGU</b>	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie	<b>SOFU</b>	soziale Funktionsfähigkeit
<b>EMRO</b>	emotionale Rollenfunktion	<b>VITA</b>	Vitalität
<b>ggf.</b>	Gegebenenfalls	<b>WHO</b>	Weltgesundheitsorganisation
<b>HWK</b>	Halswirbelkörper		
<b>HWS</b>	Halswirbelsäule		
<b>ISS</b>	Injury Severity Score		
<b>KÖFU</b>	körperliche Funktionsfähigkeit		
<b>KÖRO</b>	körperliche Rollenfunktion		
<b>LQ</b>	Lebensqualität		
<b>LWS</b>	Lendenwirbelsäule		
<b>MCS</b>	mental component score		

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Epidemiologie und Ätiologie .....	1
1.2	Anatomie der HWS.....	3
1.3	Diagnostik .....	5
1.4	Klassifikation von Verletzungen der HWS.....	9
1.4.1	Obere HWS: Atlas und Axis.....	9
1.4.2	Untere HWS .....	14
1.5	Behandlung .....	16
1.5.1	Konservative Behandlung.....	17
1.5.2	Operative Behandlung.....	18
1.6	Lebensqualität.....	22
1.7	Auswirkungen des Traumas .....	24
1.8	Ziele dieser Arbeit .....	25
2	Material und Methoden .....	26
2.1	Studiendesign.....	26
2.2	Patientengut .....	26
2.3	Studienablauf .....	27
2.3.1	Datenerfassung anhand von Patientenakten .....	27
2.3.2	Auswertung Bildmaterial .....	34
2.3.3	Fragebogen .....	35
2.3.4	Statistische Auswertung .....	38
3	Ergebnisse .....	39
3.1	Datenerhebung.....	39

3.1.1	Patientengut .....	39
3.1.2	Mortalität.....	40
3.1.3	Stationärer Aufenthalt und Entlassungsart.....	40
3.1.4	Follow-Up .....	41
3.1.5	Unfallursache.....	41
3.1.6	Spinale Verletzungen.....	42
3.1.7	Extraspinale Begleitverletzungen.....	48
3.1.8	Neurologischer Status .....	51
3.1.9	Therapie .....	53
3.1.10	Begleiterkrankungen.....	57
3.1.11	Subjektives Beschwerdebild .....	58
3.2	Gesundheitsbezogene Lebensqualität mittels SF-36 .....	60
3.2.1	SF-36 Fragebogen: Vergleich von Gesamtstudien- und Normpopulation....	60
3.2.2	Analyse des Einflusses verschiedener Merkmale auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität .....	62
4	Diskussion.....	68
4.1	Alters-, und Geschlechtsverteilung .....	68
4.2	Unfallursachen .....	69
4.3	Verletzungsmuster .....	70
4.3.1	Verletzungen der oberen HWS .....	71
4.3.2	Verletzungen der unteren HWS .....	72
4.4	Neurologisches Outcome .....	73
4.5	Begleitverletzungen .....	76
4.6	Behandlung .....	77
4.7	Begleiterkrankungen.....	79

4.8	Subjektives Beschwerdebild nach HWS-Verletzung .....	80
4.9	Gesundheitsbezogene Lebensqualität.....	81
4.10	Schlussfolgerungen.....	85
5	Literaturverzeichnis .....	86
6	Anhang .....	92
7	Danksagung.....	96

# 1 Einleitung

## 1.1 Epidemiologie und Ätiologie

Verletzungen im Bereich der Halswirbelsäule (HWS) zeigen ein breites Spektrum auf und reichen von der einfachen HWS-Distorsion bis hin zur komplexen Fraktur und Bandinstabilität mit Rückenmarksverletzung und begleitender Tetraplegie. Etwa ein Viertel der relevanten Wirbelsäulenverletzungen betreffen die HWS. In Deutschland beträgt die Inzidenz von schwerwiegenden HWS-Verletzungen schätzungsweise 2000 Patienten pro Jahr. Die untere bzw. subaxiale HWS ist in der Mehrheit der Fälle betroffen und wird in der Literatur mit Häufigkeiten zwischen 55-80 % angegeben. Hierbei wird tendenziell der fünfte und sechste Halswirbelkörper am häufigsten in Mitleidenschaft gezogen. Die restlichen HWS-Verletzungen entfallen auf die obere HWS mit überproportional häufig vorkommender Dens-Axis-Verletzung oder es liegt eine kombinierte Verletzungslokalisation vor (1, 2). Die HWS ist unter allen Wirbelsäulenabschnitten der Teil, der bei Verletzungen mit dem höchsten Anteil neurologischer Schäden einhergeht, da es hierbei häufiger zu komplexen Verletzungsmustern mit Beteiligung des Wirbelkörpers, der kleinen Gelenke, der dorsalen Bandstrukturen oder der Bandscheiben kommt. Während thorakale und lumbale Wirbelsäulenverletzungen in nur 15-20% der Fälle mit neurologischen Ausfällen einhergehen, betreffen mehr als die Hälfte aller neurologisch relevanten Wirbelsäulenverletzungen die HWS (2). Hierbei kommt es je nach Literaturangabe in bis zu 30% der Fälle zu neurologischen Ausfallserscheinungen, bei Verletzungslokalisation in der unteren HWS sogar bis zu 43% (1-4). Dass bei Verletzungen der oberen HWS nur in 12% der Fälle neurologische Defizite beobachtet werden, kann damit erklärt werden, dass ein Großteil der Patienten mit Instabilität der Kopf-Halsgelenke bereits am Unfallort verstirbt (1).

Prinzipiell kommen Verletzungen der HWS in allen Altersschichten vor, werden aber in der Mehrheit der Studien am häufigsten bei den 20-40 Jährigen beobachtet. Ein zweiter Häufigkeitsgipfel findet sich nach der sechsten Lebensdekade als Ausdruck einer typischen Alterstraumatologie (1, 5, 6). Dieser zweite Gipfel erklärt sich v.a. durch das häufigere Vorliegen von degenerativen Veränderungen der HWS, einem engen Spinalkanal, osteoporotischen Knochenveränderungen sowie einem überdurchschnittlichen Auftreten des M. Bechterew im hohen Alter (3, 7). Altersspezifische Unterschiede zeigen sich sowohl beim Verletzungsmuster als auch bei den Unfallursachen. Mit höherem Lebensalter kann eine Zunahme von Frakturen des zweiten

Halswirbelkörpers beobachtet werden. Während unter allen HWS Verletzungen bei den unter 60-Jährigen in 21% Frakturen des zweiten Halswirbelkörpers vorliegen, liegt dieser Anteil bei den 60-75-Jährigen bei 28% und bei über 75-Jährigen sogar bei 54%. Bei älteren Patienten dominieren knöcherne Verletzungen der oberen HWS, während bei jüngeren Patienten häufiger ligamentäre Verletzungen auftreten (8), was auf eine verminderte Knochendichte und degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule im höheren Alter zurückzuführen ist (9).

Zu den häufigsten Unfallursachen von HWS-Verletzungen zählen Verkehrsunfälle und Stürze (3, 8, 9). In einer prospektiven Sammelstudie der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäulenchirurgie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) kam es zur Analyse von relevanten HWS Verletzungen bei 544 Patienten. Über die Hälfte der HWS-Verletzungen war auf Verkehrsunfälle zurückzuführen, gefolgt von Stürzen aus der Höhe (bei 24% als zweithäufigste Ursache). Ein Fünftel der HWS Verletzungen war auf banale Unfallhergänge zurückzuführen und trat insbesondere bei überdurchschnittlichem Verletzungsalter auf (3). In der restlichen Literatur werden neben den Verkehrsunfällen als häufigste Unfallursache weiterhin Sportunfälle, Suizidversuche sowie Verletzungen durch Aufprall von Gegenständen als Ursachen für HWS-Traumen beschrieben (10, 11). Verkehrsunfälle betreffen in der Mehrheit PKW-Insassen, gefolgt von Zweiradfahrern und Fußgängern, die angefahren wurden (1, 12).

Verletzungen der HWS stellen im Mittel instabilere Verletzungen dar als traumatische Schäden an der Brustwirbelsäule (BWS) bzw. Lendenwirbelsäule (LWS) und gehen häufig mit komplex-spinalen Verletzungsmustern sowie extraspinalen Begleitverletzungen einher. Komplex-spinale Verletzungsmuster definieren sich über das Vorliegen mehrerer Wirbelkörperverletzungen, Verletzungen der kleinen Gelenke, des Bandapparates und/oder der Bandscheiben und kommen an der HWS deutlich häufiger vor als an den benachbarten Wirbelsäulenabschnitten (2). In der Literatur werden Fälle von Mehrsegmentverletzungen in 5-44% aller HWS-Verletzungen beobachtet (1, 6, 12, 13). Dabei sind die Verletzungen an zwei bis selten sechs Halswirbelkörpern lokalisiert. Die extraspinalen Begleitverletzungen erstrecken sich vom Schweregrad von klinisch unbedeutenden in der bildgebenden Diagnostik zufälligen Befunden bis hin zu Verletzungen, die schwerer sind als die HWS-Verletzung selbst (14). In der HWS Studie der DGU mit 544 Patienten (1) fanden sich in weniger als der Hälfte der Fälle (45%) isolierte HWS Verletzungen. Die restlichen Patienten zeigten schwerwiegende Begleitverletzungen, von denen das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) dominierte, gefolgt von thorakalen Verletzungen, Schäden abdomineller Organe und des Beckens sowie knöcherne Zweitverletzungen im Bereich der BWS und der LWS (1, 3). Bei 8,5% der

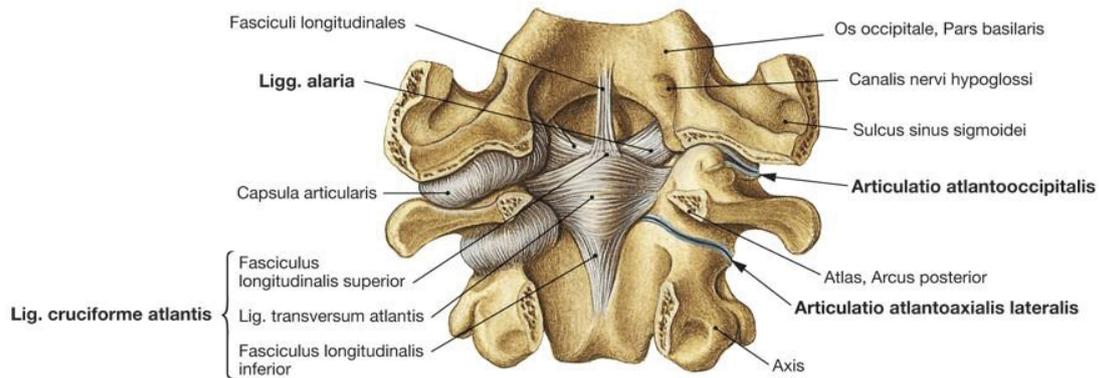
HWS-Verletzten handelte es sich um Polytraumatisierte. Andersherum muss bei Polytraumen in 10% der Fälle mit einer HWS-Verletzung gerechnet werden (1).

Eine der dramatischsten Unfallfolgen ist eine zervikale Rückenmarksverletzung mit Tetraplegie, die in Deutschland mit etwa 600 Fällen pro Jahr auftritt. Insbesondere hierfür gefährdet sind Kinder, das Vorliegen einer Spondylitis ankylosans oder einer Spinalkanalstenose. Bei 20% dieser Patienten liegt eine komplette Querschnittslähmung vor (3), die neben einem kompletten Funktionsverlust unterhalb der Läsion auch zu einer Atemlähmung führen kann, wenn die Verletzung oberhalb von C4 lokalisiert ist.

## 1.2 Anatomie der HWS

Gute Kenntnisse der Anatomie der Wirbelsäule sind Voraussetzung für das Verständnis traumatischer Läsionen. Von den insgesamt 24 beweglichen Wirbelkörpern der Wirbelsäule sind die ersten sieben Wirbel der HWS zuzuordnen. Aus funktionellen Gründen teilt man die HWS in eine obere HWS, zu der die beiden ersten Halswirbel Atlas und Axis gehören und eine untere HWS, die den dritten bis siebten Halswirbel umfasst.

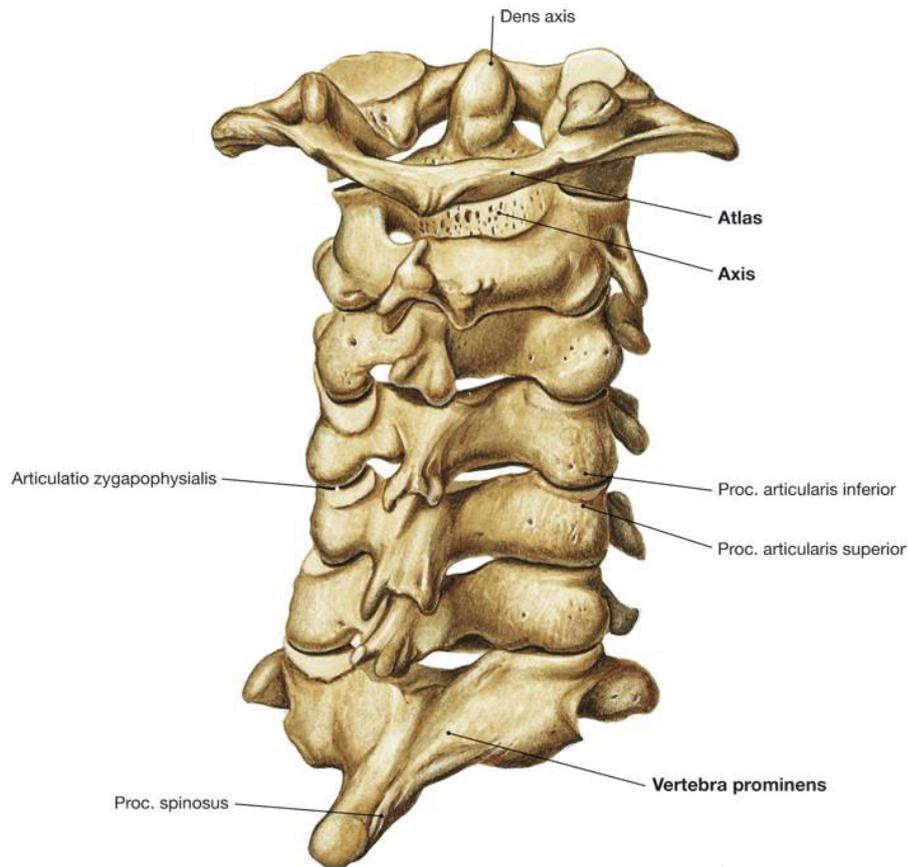
Der ringförmige Atlas unterscheidet sich durch den fehlenden Wirbelkörper grundsätzlich von den restlichen Halswirbeln. Er besteht aus den sog. Auftreibungen (*massae laterales*), die durch den vorderen und hinteren Bogen verbunden sind und jeweils eine Gelenkfläche nach kranial tragen (*fovea articularis superior*), die mit dem Hinterhauptbein das obere Kopfgelenk bildet und nach kaudal (*fovea articularis inferior*), die den Atlas mit dem Axis verbindet. Der Axis besitzt als besonderes Merkmal einen zapfenförmigen Fortsatz (*dens axis*), der dem Wirbelkörper aufsitzt und in den Ring des Atlas ragt. Das obere Kopfgelenk (*articulatio atlantooccipitalis*) ermöglicht die maximale Inklinaton und Reklination, während im unteren Kopfgelenk (*articulatio atlantoaxialis*) der Hauptteil der HWS-Rotation erfolgt. Die wichtigsten Bänder zur Stabilisierung des Kopfgelenkes sind folgende: das Atlasband (*ligamentum transversum atlantis*), welches linke und rechte Massa lateralis verbindet. Es verläuft dorsal des Dens axis, stabilisiert ihn und verhindert eine Überstreckung im Atlantoaxialgelenk. Hierbei handelt es sich um einen der wichtigsten Stabilisatoren des Atlantoaxialgelenkes. Die sog. Flügelbänder (*ligamenta alaria*) ziehen als paarige Bänder zwischen den Seitenflächen der Kondylen zum Dens axis und begrenzen die Flexion und axiale Rotation des Schädels (Abb. 1) (15).



Paulsen/Waschke: Sobotta – Atlas der Anatomie, 24. A. 2017 © Elsevier GmbH

**Abb. 1:** Atlas und Axis mit Bänderapparat, Ansicht von dorsal (Quelle: Sobotta- Atlas der Anatomie, Paulsen/Waschke 2017, permitted by Elsevier)

Die unteren fünf Halswirbel sind im Gegensatz zu den ersten beiden sehr einheitlich aufgebaut. Der Wirbelkörper setzt sich nach dorsal fort in den Wirbelbogen (*arcus vertebrae*), der den Spinalkanal (*foramen vertebrale*) umschließt, in dem sich das Rückenmark befindet. Nach kranial und kaudal gehen auf jeder Seite Gelenkfortsätze (*processus articularis superior und inferior*) ab, die jeweils Gelenkflächen tragen. Je zwei Querfortsätze ragen nach lateral (*processi transversi*) mit den Knochenöffnungen (*foramina transversaria*) für die beiden links und rechts der Wirbelsäule anliegenden Vertebralarterien (*arteriae vertebrales*). Der Wirbelbogen endet in einem nach dorsal gerichteten Dornfortsatz (*processus spinosus*) (Abb. 2). Die untere HWS wird überwiegend durch das vordere Längsband (*ligamentum longitudinale anterius*), das hintere Längsband (*ligamentum longitudinale posterius*) und das sog. gelbe Ligament (*ligamentum flavum*) stabilisiert. Das vordere Längsband verläuft an der Vorderseite der Wirbelkörper und erstreckt sich von der Vorderfläche des Atlas bis zum Kreuzbein, während das hintere Längsband über der Hinterfläche der Wirbelkörper verläuft. Zwischen den Wirbelbögen spannen sich die gelben Ligamenta aus. Zwei benachbarte Wirbel bilden funktionell ein Bewegungssegment, wobei die Bewegungen in den einzelnen Gelenken zwischen HWK 2 und Brustwirbelkörper (BWK) 1 mit durchschnittlichen Winkelgraden zwischen 8 und 17 ° eher gering sind. In ihrer Gesamtheit erlauben die HWK allerdings ein großes Bewegungsausmaß mit einer maximalen Flexion von 70° und einer Extension von 40 ° (15-17).



Paulsen/Waschke: Sobotta – Atlas der Anatomie, 24. A. 2017 © Elsevier GmbH

**Abb. 2:** Ansicht der HWS von dorsal, (Quelle: Sobotta- Atlas der Anatomie, Paulsen/ Waschke 2017, permitted by Elsevier)

## 1.3 Diagnostik

Die Diagnostik der Halswirbelsäulenverletzung umfasst drei wichtige Aspekte: Anamnese, klinische Untersuchung und bildgebende Untersuchung.

Zu Beginn der Diagnostik steht beim wachen Patienten eine ausführliche Anamnese mit Erfragung des Unfallhergangs einschließlich der damit verbundenen Energie, z.B. der Fallhöhe bei einem Sturz oder der Fahrgeschwindigkeit bei einem PKW-Unfall. Beim bewusstlosen Unfallpatienten muss bis zum Beweis des Gegenteils vom Vorliegen einer Wirbelsäulenverletzung ausgegangen werden (1). Hierbei nimmt die Fremdanamnese einen wichtigen Stellenwert ein. Das Vorliegen eines Polytraumas (18), Verkehrsunfälle hoher Rasanz (18, 19), Verkehrsunfälle ohne Gurt-, oder Airbagsicherung (20), Stürze aus großer Höhe (21), angefahrene Fußgänger (19), Alkohol- oder Drogeneinfluss (22) und höheres Lebensalter (9, 19) stellen Risikofaktoren für eine Wirbelsäulenverletzung dar. Für die HWS-Verletzung gelten insbesondere das Schädel-Hirn-Trauma und

Verletzungen des Gesichtes als prädestinierend (19), wobei das Risiko bei Patienten mit einem SHT etwa 4-mal höher ist als bei Patienten ohne SHT. Bei einer Vigilanz mit einem Glasgow ComaScale (GCS) unter 8 ist das Risiko sogar um das 7-fache erhöht (23).

Die klinische Untersuchung beginnt mit der Inspektion auf Verletzungszeichen und Verformungen gefolgt von der Palpation der HWS, ohne dabei den Kopf des Verletzten zu bewegen. Hierbei wird beim bewusstseinsklaren Patienten insbesondere auf Druck- und Klopfschmerz geachtet, auf tastbare Lücken zwischen den Dornfortsätzen, einen Seitversatz der Dornfortsätze sowie lokale Hämatome. Diese sind als indirekte Hinweise auf das Vorliegen einer Verletzung der Wirbelsäule zu werten. Anschließend erfolgt eine ausführliche neurologische Untersuchung, bei der Motorik und Sensibilität an Rumpf und Extremitäten sowie Reflexe im Seitenvergleich untersucht werden. Zum neurologischen Status gehört ebenso eine rektale Untersuchung mit der Beurteilung des Sphinktertonus und der perianalen Sensibilität (2). Ein Harnverhalt, der Analreflex bzw. Bulbocavernosusreflex erlauben eine Abschätzung der Funktionsfähigkeit der sakralen Segmente (24). Bei bestehenden Ausfällen sollten diese detailliert protokolliert werden. Die Klassifikation der Lähmungshöhe und des Lähmungsmaßes erfolgt standardisiert nach dem ASIA-IMSOP (American Spinal Injury Association-International Medical Society of Paraplegia)-Klassifikationsbogen (1, 24, 25). Mithilfe des ASIA-Schemas nach Frankel werden die Lähmungen anhand der Funktion des letzten Rückenmarksegmentes S5 in komplette und inkomplette Läsionen eingeteilt (Tabelle 1).

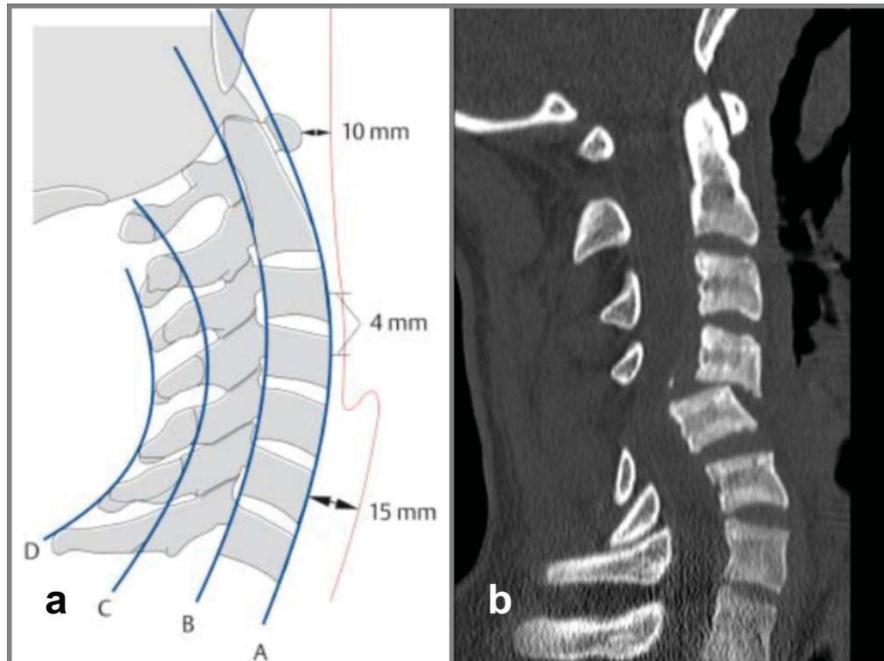
<b>ASIA</b>	
Schweregrad	Definition
A Komplet:	keine motorische oder sensible Funktion in den sakralen Segmenten S4 und S5
B Inkomplet:	keine motorische Funktion, sensible Funktion inkomplett erhalten bis in sakrale Segmente S4 und S5
C Inkomplet:	unterhalb des neurologischen Niveaus motorische Funktion inkomplett erhalten; die Mehrzahl der Kennmuskel hat einen Kraftgrad von weniger als 3/5.
D Inkomplet:	unterhalb des neurologischen Niveaus motorische Funktion inkomplett erhalten; die Mehrzahl der Kennmuskel hat einen Kraftgrad von mehr als oder entsprechend 3/5.
E Normal:	sensible und motorische Funktion sind normal

**Tabelle 1:** Klassifikation der Rückenmarksverletzung nach Frankel 1969 (25)

Maßgeblich für die Diagnose einer Rückenmarksschädigung ist das neurologische Defizit, wobei eine knöcherne Verletzung der Wirbelsäule mit hoher Wahrscheinlichkeit vorhanden ist (24). Nicht bei jedem traumatischen Ereignis ist eine Bildgebung der HWS unbedingt erforderlich. Um die Indikation zur radiologischen Diagnostik nach stattgefundenem Trauma zu stellen, können die NEXUS (National Emergency X-Radiography Utilization Study)-Kriterien (26) oder auch die Kriterien der Canadian C-Spine Rules (27) angewandt werden. Sind folgende NEXUS-Kriterien erfüllt, ist keine bildgebende Diagnostik der HWS erforderlich: kein Druckschmerz entlang der Mittellinie, kein fokales neurologisches Defizit, normale Vigilanz, keine Intoxikation und kein Distraktionsmechanismus. Ein wesentliches Kriterium der C-Spine Rule ist die beidseitige schmerzfreie Rotation der HWS um 45° (26, 27). Für beide klinischen Entscheidungsregeln ist ein wacher und kooperativer Patient erforderlich (10), sodass diese beim polytraumatisierten Patienten per Definition nicht angewandt werden können. Folgende bildgebende Verfahren kommen als diagnostisches Mittel zum Einsatz:

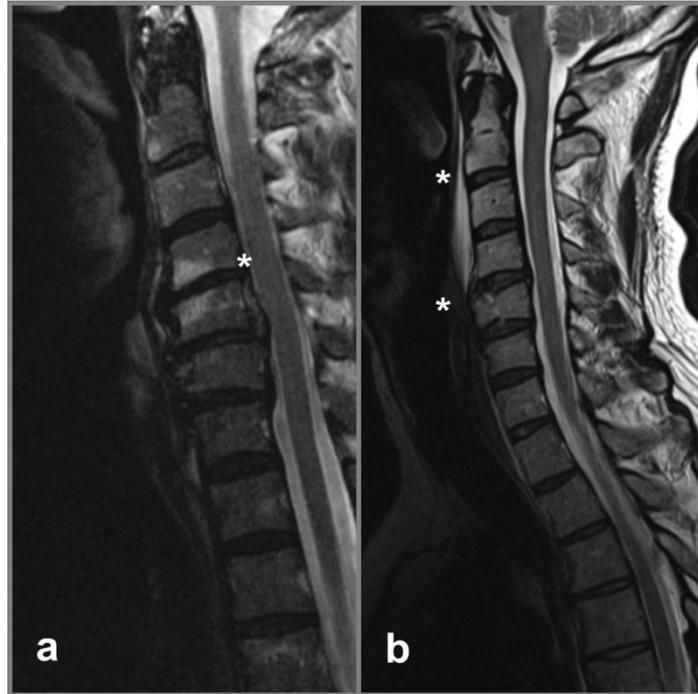
- Konventionelles Röntgen
- Computertomographie (CT)
- Magnetresonanztomographie (MRT)

Konventionelle Röntgenaufnahmen der gesamten HWS werden in einer sogenannten 3-er Serie angefertigt: Aufnahmen im a.p.- Strahlengang, im seitlichen Strahlengang und eine transorale Dens-Zielaufnahme. Die genannten Aufnahmen sind mit einer Sensitivität von 60-80% für die HWS-Verletzung bereits wegweisend (28, 29). In der seitlichen Ebene sollten nativradiologisch alle sieben Halswirbel dargestellt werden, um keine relevanten Verletzungen zu übersehen. Zur besseren Darstellung des zervikothorakalen Übergangs erfolgt während der Aufnahme gegebenenfalls ein Zug an beiden Armen oder die sogenannte „Schwimmeraufnahme“ mit einseitig erhobenem Arm und kontralateral abgesenkter Schulter (10). Neben Frakturen der knöchernen Strukturen sollte auch ein Augenmerk auf Instabilitätszeichen gelegt werden. Zu den Instabilitätszeichen im Röntgen gehören u.a. segmentale Verschiebungen, Erweiterungen der dorsalen Anteile des Bandscheibenraums, eine Zunahme der interspinösen Distanz sowie der Verlust der vier zervikalen Alignmentlinien im seitlichen Bild. Ein verbreiteter prävertebraler Schatten kann z.B. auf ein prävertebrales Hämatom hindeuten (Abb. 3).



**Abb. 3:** **a** Die vier Alignmentlinien der HWS: (A) vordere Wirbelkörperlinie, (B) hintere Wirbelkörperlinie, (C) spinolaminäre Linie, (D) Dornfortsatzverbindungsline, maximaler prävertebraler Weichteilschatten (*Quelle:* Tscherne Unfallchirurgie: Wirbelsäule, Blauth et al. 1998, permitted by Springer (2, 30), **b** CT mit sagittaler 2-D Rekonstruktion, Verlust der Kontinuität der Linien (A), (B) und (C) bei ausgeprägter Luxation HWK 5 (*Quelle:* Radiologische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf)

Sind die NEXUS-Kriterien bzw. Kriterien der C-Spine Rules nicht erfüllt bzw. liegen im Nativröntgen unklare oder pathologische Befunde vor, empfiehlt sich die CT, die die HWS im Knochen,- und Weichteilfenster überlagerungsfrei darstellt (31). Mithilfe der axialen Schichten, der sagittalen und koronaren 2-D-Rekonstruktionen lässt sich die HWS-Verletzung analysieren und klassifizieren, was zur Einschätzung der Stabilität und gegebenenfalls zur Planung einer operativen Versorgung notwendig ist (10). Eine kernspintomographische Untersuchung der HWS ist bei Verdacht auf diskoligamentäre Verletzungen zu empfehlen sowie beim Vorliegen eines neurologischen Defizites ohne CT-morphologisches Korrelat, da die MRT insbesondere Läsionen am Myelon, an der Bandscheibe sowie an den Bändern darstellen kann. Die MRT-Untersuchung ermöglicht ebenso die bessere Darstellung eines prävertebralen Hämatomes oder intraspinalen Epiduralhämatoms, welches im frühen posttraumatischen oder postoperativen Verlauf auftreten kann (32). Abb. 4 zeigt beispielhaft einige MRT-Befunde bei HWS-Verletzungen.



**Abb. 4:** **a** 71-jähriger Patient mit Sturz aus 4 m Höhe, sagittale MRT-Aufnahme (STIR) mit Darstellung eines Epiduralhämatoms auf Höhe HWK 5 **b** 46-jähriger Patient nach Sportunfall, sagittale MRT-Aufnahme (STIR) mit Frakturödem des HWK 5, prävertebrales zervikales Hämatom, Partialruptur vorderes Längsband Höhe HWK 4/5, Bandscheibe Höhe HWK 4/5 leicht signalalteriert und nach ventral vorgefallen (*Quelle:* Radiologische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf)

## 1.4 Klassifikation von Verletzungen der HWS

Sowohl die korrekte Klassifikation, als auch die Beurteilung der Stabilität der HWS-Verletzung sind entscheidende Kriterien zur weiteren Planung des therapeutischen Vorgehens (4).

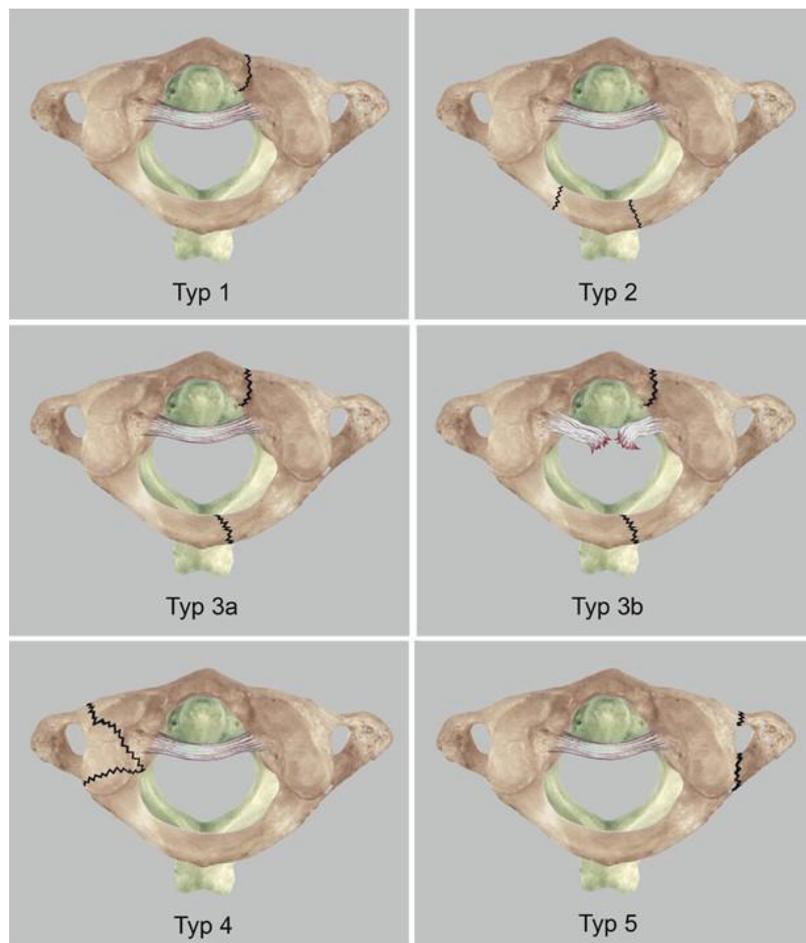
### 1.4.1 Obere HWS: Atlas und Axis

An der oberen HWS macht es aufgrund der komplexen Anatomie Sinn, jeden Wirbel einzeln zu klassifizieren.

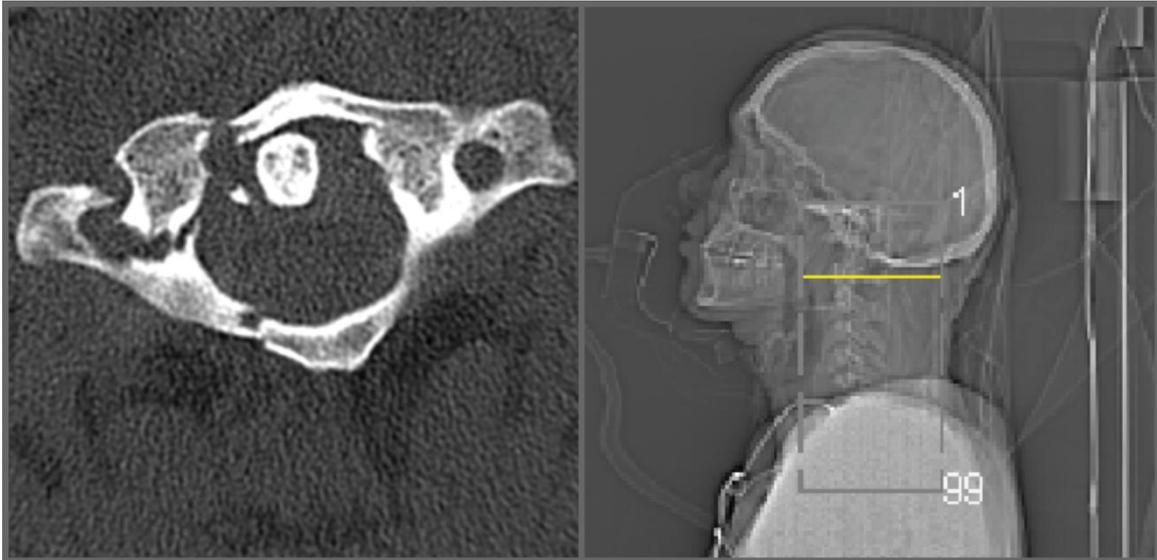
#### 1.4.1.1 Atlas-Frakturen

Frakturen des Atlas kommen bei 2-13% aller HWS-Verletzungen vor und treten mit steigendem Lebensalter häufiger auf (30). Nach Gehweiler lassen sie sich in 5 Untergruppen einteilen (33): beim Typ I liegt eine isolierte Fraktur des vorderen Atlasbogens vor, bei Typ II eine isolierte Fraktur des hinteren Atlasbogens. Der seltene Typ IV kennzeichnet sich über einen isolierten Bruch der Massa lateralis. Typ V umfasst eine Fraktur des Processus transversus. Bei den genannten Subtypen handelt es sich um stabile Verletzungen. Die kombinierte Verletzung des vorderen und hinteren Atlasbogens

entspricht dem Gehweiler Typ III und wird auch als Jefferson-Fraktur bezeichnet. Ist das Ligamentum transversum atlantis intakt (Typ IIIa), handelt es sich um eine stabile Fraktur. Ist dieses zerrissen (Typ IIIb), weichen die Massae laterales des Atlas auseinander. Die Stabilität des unteren Kopfgelenkes zwischen erstem und zweitem Halswirbel ist nicht mehr gegeben und es handelt sich um eine instabile Fraktur (Abb. 5 und Abb. 6) (8).



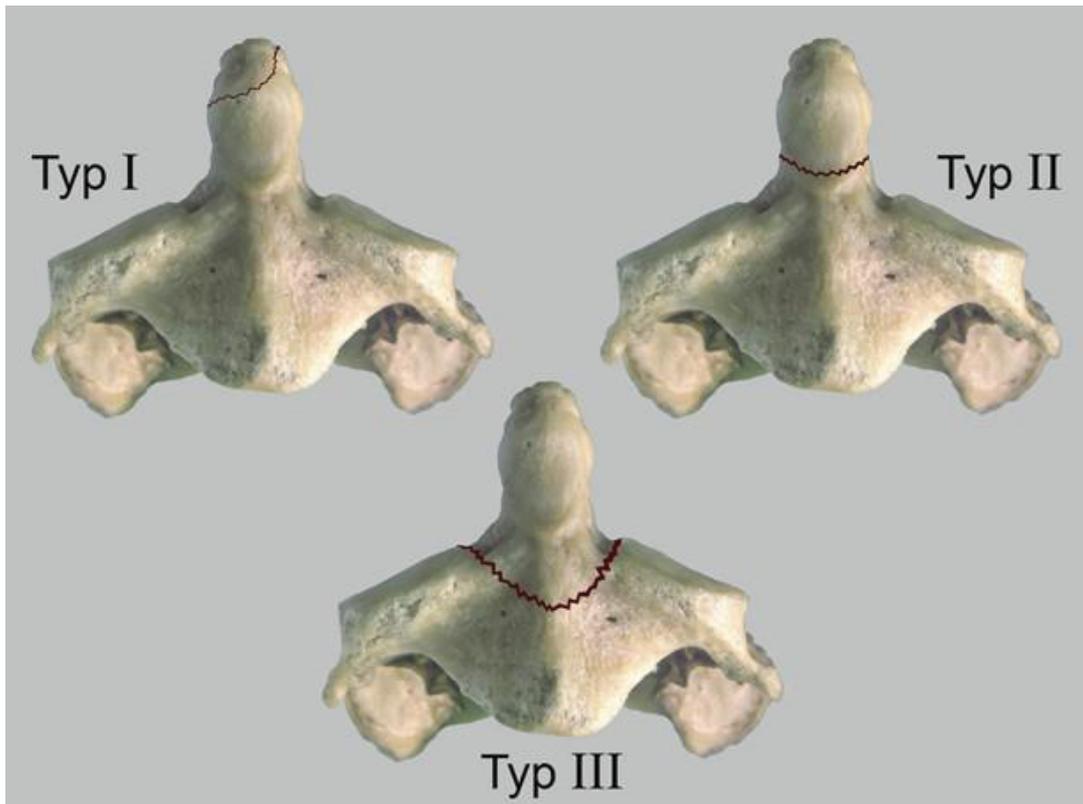
**Abb. 5:** Klassifikation der Atlasfraktur nach Gehweiler, (*Quelle:* Unfallchirurg, Kandziora et al. 2010, permitted by Springer (8))



**Abb. 6:** Jefferson-Fraktur im axialen CT-Bild eines 23-jährigen Patienten mit Sturz auf den Kopf. Rechtsseitige vordere und hintere Atlasbogenfraktur sowie Fraktur der Massa lateralis atlantis mit nach paradental disloziertem knöchernem Fragment (*Quelle:* Radiologische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf)

#### 1.4.1.2 Corpus und Dens axis- Frakturen

Während die Densfraktur die häufigste HWS-Verletzung darstellt und in der Literatur mit Häufigkeiten von etwa 10-20% aller HWS-Frakturen beschrieben wird (8, 30, 34), ist die Corpus axis- Fraktur selten. Werden die Dens axis-Frakturen isoliert betrachtet, kann als häufigste Unfallursache der Sturz aus geringer Höhe beobachtet werden, der insbesondere weibliche Patienten betrifft. Vor allem stellt die Dens axis-Fraktur eine Verletzung der postmenopausalen Frau mit Osteoporose dar (4). Nach der Klassifikation von Anderson D'Alonzo (35) werden drei Frakturtypen unterschieden: Typ I kennzeichnet sich über eine schräg frakturierte Densspitze oberhalb des Ligamentum transversum und ist sehr selten. Sie kann bei einer atlanto-occipitalen Dislokation durch einen knöchernen Ausriss der Ligamenta alaria entstehen. Beim Typ II verläuft die Frakturlinie basisnah am Übergang zum Corpus axis und macht mit Abstand den größten Anteil der Densfrakturen aus. Der Unfallmechanismus entspricht entweder einem Flexions,- oder Extensions-trauma. Bei Densfrakturen kommt es aufgrund der kleinen Frakturoberfläche häufig zu einer Pseudoarthrosenbildung sowie zu häufig (bis zu 50%) auftretenden Zweitfrakturen in anderen HWS-Segmenten (4). Neurologische Defizite können bei 12-42% der Patienten mit einer Densfraktur beobachtet werden (36). Beim Typ III reicht die Frakturlinie bis in den Corpus axis und entsteht durch ein Flexionstrauma (Abb. 7).

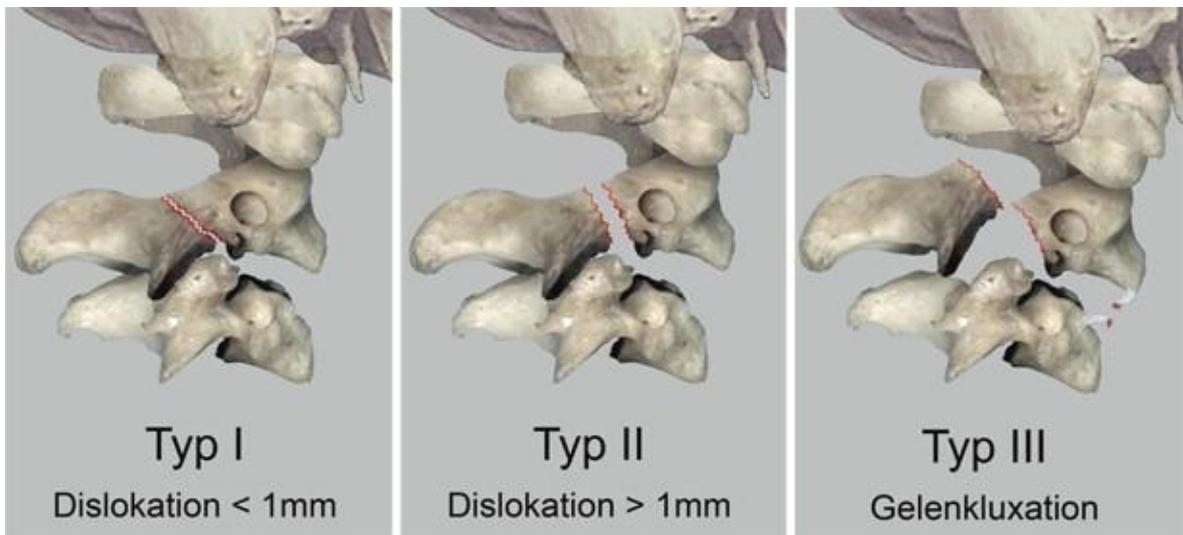


**Abb. 7:** Klassifikation der Axis Fraktur nach Anderson und D'Alonzo (35), (Quelle: Unfallchirurg, Kandziora et al. 2010 (8), permitted by Springer)

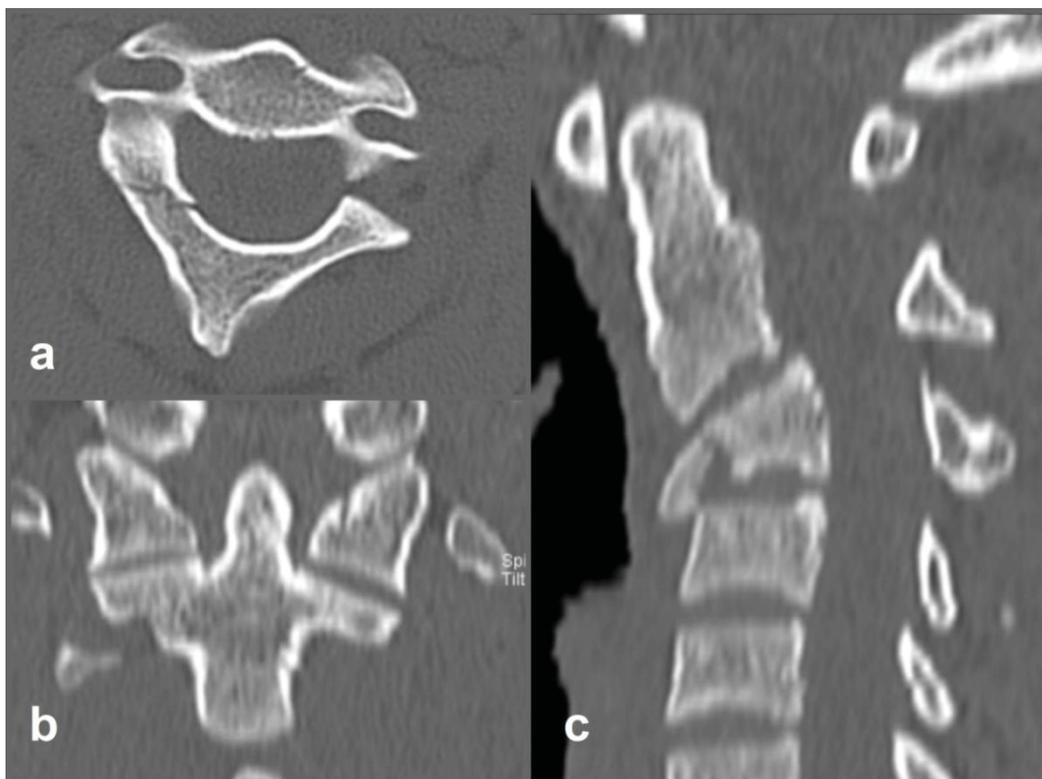
### 1.4.1.3 Traumatische Spondylolisthesis C2/C3

Bei der traumatischen Spondylolisthesis C2/C3 handelt es sich um eine Fraktur der Bogenwurzel des Axis, die bei etwa 7 % aller HWS-Verletzungen auftritt (33). Diese wird auch als „hangman's fracture“ bezeichnet, da sie eine typische Verletzung beim Erhängen darstellt. Der Verletzungsmechanismus hierbei ist eine Hyperextension mit gleichzeitiger Distraction (37). Heutzutage wird diese Frakturart v.a. bei Stürzen auf das Gesicht und Verkehrsunfällen mit Anpralltrauma des Gesichts beobachtet (4). Bei der Fraktur verläuft die Bruchlinie beidseits durch die Interartikularportion (*pars interarticularis*) des Axisbogens, wodurch der zweite HWK in ein anteriores und posteriores Fragment geteilt wird. Je nach Grad der Dislokation von HWK 2 gegenüber HWK 3 wird die Fraktur nach Effendi (38) in drei Typen unterteilt: Typ I beschreibt eine stabile nicht oder wenig dislozierte Fraktur, bei der die Bandscheibe zwischen dem zweiten und dritten HWK unverletzt bleibt. Bei der Typ II-Verletzung kommt es neben der dislozierten Bogenwurzelfraktur ohne Luxation des Facettengelenkes zwischen dem zweiten und dritten HWK zu einer Verletzung der Bandscheibe und der Längsbänder. Typ III zeichnet sich gegenüber zum Typ II durch eine hinzukommende Luxation eines oder beider

Facettengelenke C2/C3 aus und stellt eine hoch instabile Verletzungsform dar (Abb. 8 und Abb. 9).



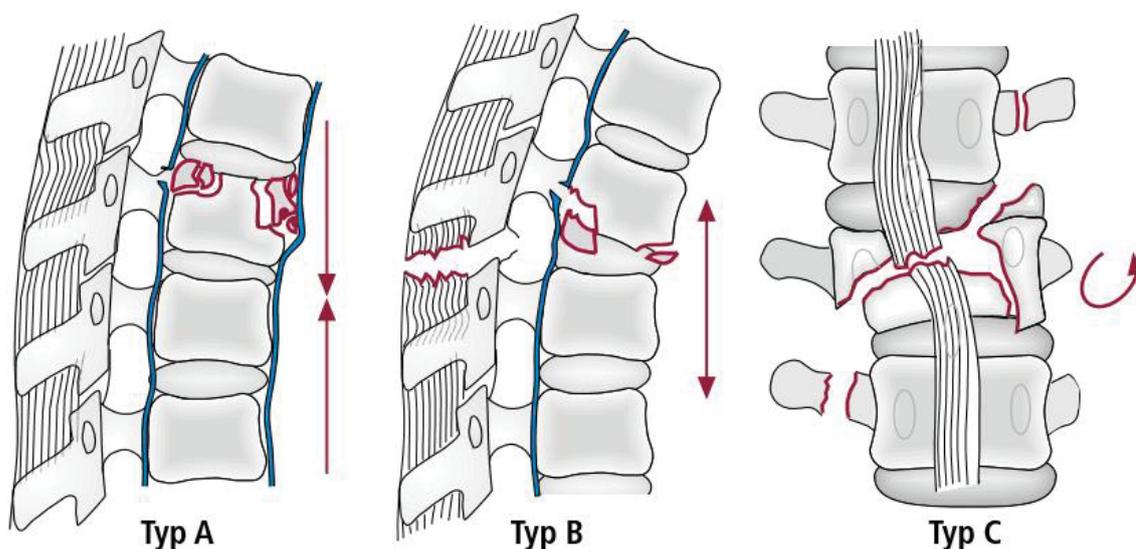
**Abb. 8:** Klassifikation der traumatischen Spondylolisthesis C2/C3 nach Effendi (33), (Quelle: Unfallchirurg, Kandziora et al. 2010 (8), permitted by Springer)



**Abb. 9:** Traumatische Spondylolisthesis C2/C3 Typ II nach Effendi und instabile Berstungsfraktur des HWK 3 bei 18-jährigem Patienten nach Fahrradsturz. **a,b** axiales und frontales CT-Bild mit Darstellung der beidseitigen Bogenwurzelfraktur des HWK 2, **c** im CT mit sagittaler Rekonstruktion Berstungsfraktur HWK 3 mit einer Tear-Drop Fraktur und Versatz der Hinterkante (Quelle: Radiologische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf)

## 1.4.2 Untere HWS

Die Verletzungen der subaxialen HWS können entsprechend der AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) eingeteilt werden. Die AO-Klassifikation der HWS geht auf die von Magerl et al. erarbeitete Frakturklassifikation der BWS und LWS zurück und wurde auf die untere HWS angewandt (39). Die Klassifikation basiert auf der Zweisäulentheorie Whitesides': es wird hierbei an der HWS zwischen einer ventralen (Wirbelkörper, Bandscheiben und ventrales Längsband) und einer dorsalen Säule (Massae laterales, Laminae, Dornfortsätze und dorsaler Bandkomplex) unterschieden. Je nach Frakturmechanismus unterscheidet die AO-Klassifikation der HWS-Verletzungen drei Typen: Typ A (Kompression), Typ B (Distraction) und Typ C (Rotation) – Verletzungen (2) (Abb. 10). Diese Klassifikation findet im klinischen Alltag Anwendung, da sie den Großteil aller Verletzungen erfasst, auf konventionellen Röntgenbildern oder CT -morphologischen Kriterien basiert, den Schweregrad der Verletzung berücksichtigt und Hinweise auf das therapeutische Vorgehen gibt (29).



**Abb. 10:** schematische Darstellung der Wirbelkörperverletzung nach Verletzungsmechanismus nach Magerl (39); Typ A: Kompression, Typ B: Distraction, Typ C: Rotation, (Quelle: Neurochirurgie -Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk, Moskopp et al, 2014 (40), permitted by Schattauer)

Die drei Verletzungstypen werden weiter in jeweils drei Untergruppen unterteilt, wobei die Instabilität der Verletzung sowohl von den Typen A bis C als auch in den Untergruppen zunimmt, sodass hieraus eine Indikation zur Stabilisierung abzuleiten ist (40). Typ A-

Verletzungen entstehen durch axiale Krafteinwirkung, die zu einer Kompression der vorderen Säule bei intakten dorsalen Band- und Knochenstrukturen führt. A1 ist gekennzeichnet durch eine Impaktion mit Deckplatteneinbruch oder Keilwirbelbildung, A2 durch die sagittale Spaltbildung des Wirbelkörpers und A3 durch einen Berstungsbruch. Als vordere Verletzungskomponente können Typ-A Verletzungen auch bei Typ B und C vorkommen. Typ B- Verletzungen kennzeichnen sich durch eine Distraktionsverletzung der dorsalen (B1 und B2) und/oder ventralen Säule (B3) mit entsprechender Instabilität (1). Oftmals ist die Distraktionsverletzung der dorsalen Säule mit einer Kompressionsverletzung der ventralen Säule kombiniert (2). Bei B1 kommen vorwiegend knöcherne Verletzungen der hinteren Bögen, Pedikel und Facettengelenke vor. Der Entstehungsmechanismus ist eine axiale Krafteinwirkung in Flexionsstellung. B2 entspricht der typischen diskoligamentären Verletzungsform. B3 fasst die Hyperextensionsverletzungen zusammen, die mit überwiegend ventraler Distraktion einhergehen. Unter die Typ C-Verletzungen fallen alle Verletzungen der vorderen und hinteren Elemente, verursacht durch komplexe Krafteinwirkungen mit Rotationskomponenten. C1 beschreibt die Kombination mit einer Typ-A Verletzung im Sinne einer Luxationsfraktur, C2 steht für die Kombination mit dem Typ B und C3 umfasst spezielle Verletzungsformen mit hoch instabilen nicht klassifizierbaren Läsionen (30) (Tabelle 2).

<b>Klassifikation der unteren HWS</b>			
	Verletzungsmechanismus		Unterteilung
Typ A	Kompression	A1	Impaktion
		A2	Spaltbildung
		A3	Berstung
Typ B	Distraktion	B1	Ossär dorsal
		B2	Ligamentär dorsal
		B3	Diskoligamentär ventral
Typ C	Rotation	C1	C1 Rotation+ Typ A
		C2	C2 Rotation + Typ B
		C3	C3 ohne Klassifikation

**Tabelle 2:** Einteilung der Verletzungen der unteren HWS (30) in Anlehnung an die Magerl-Klassifikation der BWS und LWS (39)

Die Beurteilung der Stabilität bzw. Instabilität einer HWS Verletzung stellt ein wichtiges Kriterium für die Operationsindikation dar. Der Begriff der Stabilität wird für Verletzungen genutzt, bei denen keine weitere Veränderung der Wirbelsäulenstellung in Ruhe oder Belastung zu erwarten ist. Eine geringgradige Instabilität zeichnet sich dadurch aus, dass die Verletzung unter funktioneller Behandlung ohne hochgradige Fehlstellung und ohne zusätzliche neurologische Defizite ausheilt. Bei hochgradigen Instabilitäten hingegen ist bei funktioneller Behandlung mit schweren Fehlstellungen zu rechnen, womit die Indikation zur operativen Therapie gegeben ist (4). White und Panjabi formulierten folgende Hauptkriterien für das Vorliegen einer segmentalen Instabilität: eine sagittale Verschiebung des kranialen Wirbelkörpers gegenüber dem kaudalen Wirbelkörper um  $>3,5$  mm, eine segmentale Kyphosierung von  $> 11^\circ$  zu den angrenzenden Segmenten, eine Rotation in der axialen Ebene um  $>20^\circ$  sowie eine Myelonschädigung. Als Nebenkriterien wurden eine abnorme Verschmälerung der Bandscheibe formuliert und eine Nervenwurzelbeschädigung. Auf Basis der genannten Kriterien wurde eine Checkliste erstellt, mit der eine Verletzung an der subaxialen HWS als instabil eingestuft werden kann (17). Ein Beispiel für die instabile Fraktur ist die sog. Teardrop-Fraktur, die meist zu einer kombinierten knöchernen und ligamentären Verletzung der Wirbelsäule führt und aufgrund einer starken Hyperflexion entsteht. Für diese Verletzung ist die Abspaltung eines anterior-inferioren Fragments des Wirbelkörpers namensgebend, da sie der Form eines „Tränentropfens“ ähnelt (s. Abb. 9c). Häufig kommt es aufgrund dieser Verletzung zu einer Retrolisthesis des frakturierten Wirbelkörpers, einer Kompression mit ventraler Höhenminderung und einer resultierenden Kyphose. Bei diesem Verletzungstyp ist die Prognose schlechter als bei den anderen subaxialen HWS-Verletzungen, u.a. da eine Vielzahl der Patienten eine hohe Querschnittslähmung erleidet (41).

## 1.5 Behandlung

Das Ziel der Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen besteht darin, die statische, dynamische sowie protektive Funktion der Wirbelsäule dauerhaft wiederherzustellen (4). Das therapeutische Vorgehen bei einer HWS-Verletzung kann konservativ oder operativ erfolgen, wobei bei den vorwiegend knöchernen Verletzungen der oberen HWS häufiger eine konservative Therapie indiziert ist. An der unteren HWS hingegen mit häufigeren diskoligamentären Verletzungen werden operative Verfahren bevorzugt (42). In einer prospektiven Sammelstudie der DGU ( $n=544$  Patienten) wurden 24 % der HWS-Verletzten konservativ und 76 % operativ behandelt (3). Die Behandlung des Wirbelsäulenverletzten beginnt bereits am Unfallort. Bei der Rettung des Verletzten sollten

unphysiologische Bewegungen der Wirbelsäule vermieden werden. Besteht der Verdacht auf eine HWS-Verletzung oder liegt eine Bewusstlosigkeit vor ist bis zum Ausschluss einer derartigen Verletzung eine schonende Lagerung und Immobilisierung der HWS mittelseiner Zervikalstütze oder einer Vakuummatratze durchzuführen. Mit letzterer kann heutzutage die effektivste Immobilisierung der gesamten Wirbelsäule erreicht werden (43, 44).

## 1.5.1 Konservative Behandlung

Bei der konservativen Behandlung unterscheidet man eine vorläufig konservative (mit sekundärer operativer Versorgung) von einer endgültig konservativen Therapie. Grundlage einer konservativen Behandlung ist die externe Fixierung zur Ruhigstellung der HWS. In Abhängigkeit der Verletzungsart kommen verschiedene externe Fixationssysteme zur Anwendung. Es existieren weiche sowie harte Zervikalstützen bzw. Orthesen. Während die sogenannte Schanz-Krawatte als weiche Zervikalstütze nur eine extreme Flexion verhindern kann, reduzieren die Philadelphia-Krawatte oder der sog. Stiffneck als harte HWS-Schienung die Flexion, Extension sowie auch die Rotation (45). Bei der früher genutzten Crutchfieldklemme wurde die Kortikalis der Kopfkalotte mit zwei Stiften wie mit einer Zange gefasst und somit ein Zug am Kopf erreicht (46). Da u.a. komplexe Fehlstellungen hiermit nicht reponiert werden konnten und eine ambulante Behandlung nicht möglich war (47), etablierte sich zunehmend der Halo-Fixateur, eine Schädelzwinge mit Kopfring und einer Rumpfweste. Dieser verhindert idealerweise alle zuvor genannten Bewegungen und ermöglicht zusätzlich die Längsextension der HWS (48). Der Halo-Fixateur bietet im Vergleich zu anderen Methoden der externen Fixation die nahezu vollständige Immobilisation, die Verstellmöglichkeit während der Behandlung und die Möglichkeit einer ambulanten Weiterbehandlung. Nachteile sind Pin-Infektionen oder Pin-Lockerungen im Kopfbereich sowie Hautprobleme beim Tragen der Halo-Weste. Angewendet wird der Halo-Fixateur insbesondere bei einigen Verletzungen der oberen HWS sowie zur temporären Anlage bis zur operativen Versorgung instabiler Frakturen der HWS (45, 49). Bei allen erwähnten externen Fixationen ist zu beachten, dass durch sie nur die obere HWS sicher ruhiggestellt werden kann, was bei der unteren HWS nicht gewährleistet werden kann (45).

Geeignete Verletzungen für die konservative Therapie sind grundsätzlich stabile Verletzungen ohne neurologische Ausfälle. Zu den stabilen Verletzungen des Atlas gehören nach Gehweiler die Typen I, II, IV, und V. Einseitige und nicht dislozierte Frakturen des Atlasringes werden mit einer weichen Krawatte behandelt, während bei

Dislokationen und Instabilitäten die Therapie mit einem Halo-Fixateur erfolgt. Nur bei weiterer Dislokation muss eine operative Therapie im Sinne einer Atlasosteosynthese in Betracht gezogen werden (1, 8). Dens-Frakturen vom Typ I nach Anderson und D'Alonzo werden nahezu immer konservativ mit einer Ruhigstellung in einer harten Zervikalorthese behandelt (1). Für Dens-Frakturen vom Typ II wird eine operative Therapie mittels ventraler Verschraubung empfohlen, wobei stabile und nicht-dislozierte Typ II Frakturen auch konservativ mit einer Halskrawatte therapiert werden können. Wenig dislozierte Typ III Frakturen werden in der Regel ebenfalls einer konservativen Therapie zugeführt. Bei der traumatischen Spondylolisthesis C2/C3 werden nicht dislozierte Frakturen (z.B. der Typ I nach Effendi) konservativ behandelt (8).

Zu den stabilen Frakturen an der unteren HWS gehören Deckplattenimpressionen, die nach der AO-Klassifikation dem Typ A1 entsprechen, Dornfortsatzfrakturen ohne Instabilität, Lamina- oder Gelenkfortsatzfrakturen ohne Instabilität sowie Abrissfrakturen von Wirbelkörpern ohne Instabilität des Bewegungssegmentes (1, 29).

## **1.5.2 Operative Behandlung**

Im Rahmen der operativen Therapie bestehen folgende Ziele: die Dekompression nervaler Strukturen zur Erholung der neurologischer Funktion, die Korrektur von Fehlstellungen sowie die Wiederherstellung einer dauerhaften Stabilität zur Vermeidung chronischer Instabilitäten (1, 11). Bei der operativen Behandlung kann sowohl zwischen verschiedenen Operationsverfahren als auch verschiedenen Zugangswegen unterschieden werden. An Operationsverfahren stehen Verschraubungen sowie Fusionsoperationen eines oder mehrerer Bewegungssegmente zur Verfügung. Dabei kann ein ventraler, dorsaler oder in selteneren Fällen ein kombiniert ventro-dorsaler Zugangsweg gewählt werden.

Eine Operationsindikation besteht für HWS-Verletzungen mit höhergradiger Instabilität. Dazu gehören Spalt-, und Berstungsbrüche des Typ A2 und A3, der Großteil der B-Verletzungen insbesondere wenn eine diskoligamentäre Instabilität vorliegt sowie Typ C-Verletzungen, die generell als höhergradig instabil anzusehen sind (30).

### **1.5.2.1 Ventrale Operationsverfahren**

Das bedeutendste ventrale Operationsverfahren an der oberen HWS ist die anteriore Verschraubung des Dens axis mittels einer oder zwei Zugschrauben, welche bei einer Anderson D'Alonzo Typ II indiziert ist (Abb. 11) (8, 36).

An der unteren HWS erfolgt in der Regel als Standardverfahren die ventrale interkorporelle Spondylodese mit Interponat und Plattenstabilisierung (3). Hierbei wird das verletzte Bandscheibenfach ausgeräumt, bei Trümmerbrüchen werden sowohl der Wirbelkörper, als auch die benachbarten Bandscheiben reseziert. Dies erfolgt ggf. in Kombination mit einer ventralen Dekompression. Durch Einbringen eines zubereiteten Knochenblocks (Beckenkammspan) oder eines Cages (z.B. aus Titan, Polyetheretherketon oder Carbon) als Wirbelkörperersatz wird die vordere Säule druckstabil rekonstruiert. Im Anschluss erfolgt eine Überspannung der zu fusionierenden Wirbelsäulenabschnitte mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese (6, 11). Vorteile des ventralen Verfahrens liegen in einer geringeren Zugangsmorbidität durch einen schonenderen Zugang ohne Durchtrennung der nuchalen Muskulatur und damit geringem Blutverlust sowie in der günstigen Rückenlage, die insbesondere beim polytraumatisierten und älteren Patienten günstiger ist (1, 29). Die ventrale Spondylodese der unteren HWS kann also heutzutage als Mittel der Wahl angesehen werden, da sie ein komplikationsarmes Operationsverfahren darstellt und mit ihr ein Großteil instabiler Verletzungen versorgt werden kann (11).



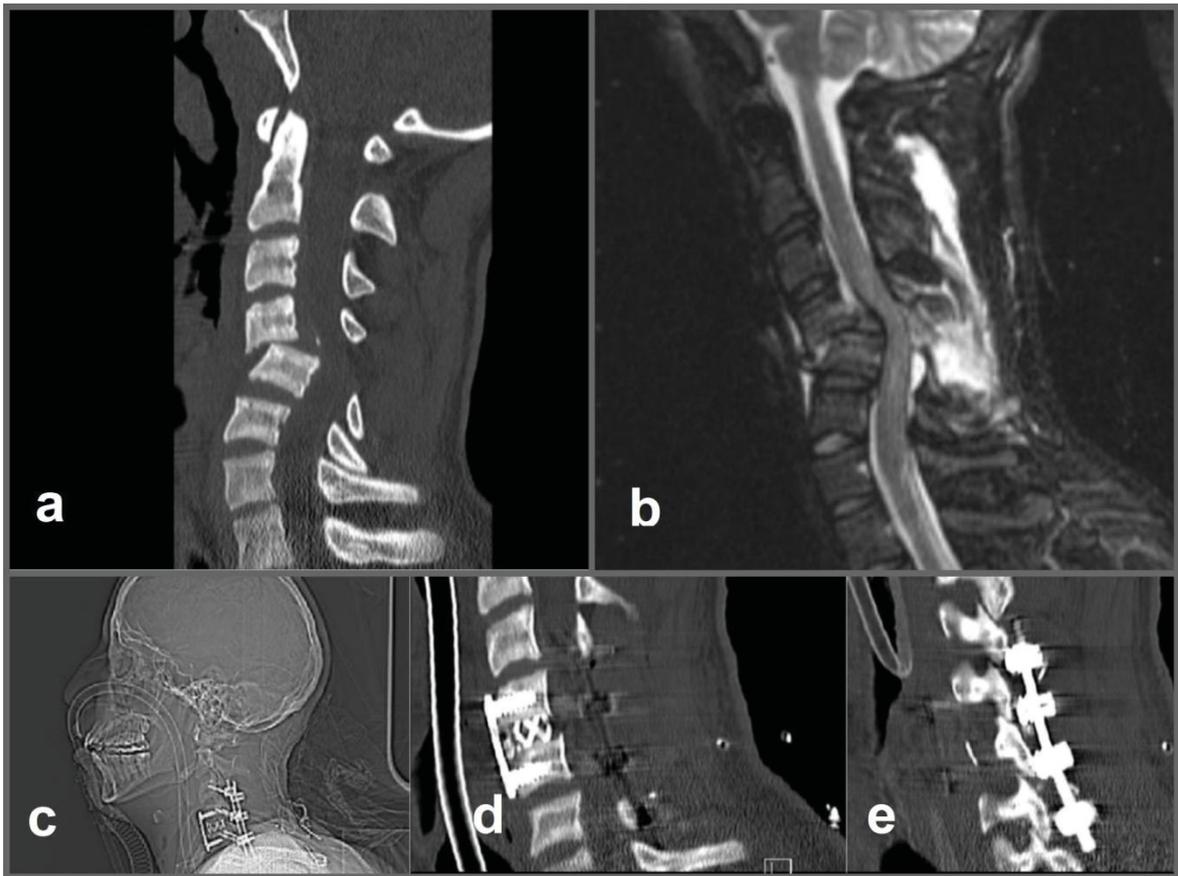
**Abb. 11:** 76-Jährige Patientin, Sturz auf den Boden. **a, b** Fraktur des Dens axis Anderson und D'Alonzo II im coronaren und sagittalen CT-Bild, **c** ventrale Zugschraubenosteosynthese im sagittalen CT-Bild (*Quelle:* Radiologische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf)

### **1.5.2.2 Dorsale Operationsverfahren**

Dorsale Operationsverfahren werden an der HWS zunehmend seltener durchgeführt, kommen aber bei definierten Indikationen zur Anwendung, wie z.B. bei nicht reponierbarer Verhakung der kleinen Wirbelgelenke sowie dislozierten Frakturen der Gelenkfortsätze mit Verlegung der Neuroforamina (1, 3) (Abb. 12).

Eine dorsale Standardtechnik an der oberen HWS stellt die Verschraubung der C1/C2-Gelenke dar (42). Eine Indikation hierfür bietet die instabile Jefferson-Fraktur des Atlas. Hier kann eine atlantoaxiale Fusion mit transartikulärer Verschraubung nach Magerl in Betracht gezogen werden (39), die in Kombination mit einer dorsalen Fusion C1/C2 durchgeführt werden kann. Die Magerl-Verschraubung bietet nicht die Möglichkeit der Metallentfernung (4), sodass insbesondere bei jungen Patienten als Alternative die C1/C2 Verschraubung nach Harms in Erwägung gezogen werden kann (50), die durch die mögliche Metallentfernung eine Rehabilitierung der Beweglichkeit bietet. Die dorsale Spondylodese an der unteren HWS erfolgt mittels Platten oder Schrauben-/ Stabsystem und Spongiosaanlagerung. Die Schraubenverankerung kann transpedikulär oder in die Massa lateralis erfolgen (4).

Die Indikation für ein ventro-dorsales Vorgehen ist dann gegeben, wenn nach ventraler Spondylodese eine posteriore Instabilität verbleibt (51). Die Indikation für ein primär kombiniertes ventro-dorsales Vorgehen besteht beispielsweise für hochinstabile Frakturen bei Patienten mit Morbus Bechterew (52).



**Abb. 12:** 19-Jähriger Patient mit Sturz auf den Kopf bei Sprung ins Wasser und primär kompletter Tetraplegie, **a** Disco-ligamentäre Instabilität C4/C5 mit Subluxation beider Facettengelenke ohne knöcherne Verletzung im sagittalen CT-Bild, **b** Myelonödem und Myeloneinblutung auf Höhe HWK 3-6, Zerreißung dorsales Längsband und Ligg. Interspinalia jeweils mit Hämatombildung im sagittalen MRT-Bild, **c, d, e** ventrale Spondylodese C4/ C5 mit Bandscheibenersatz durch Titan-Cage und dorsale Spondylodese C3-C6, (*Quelle:* Radiologische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf)

### 1.5.2.3 Operationszeitpunkt

Was den günstigen Zeitpunkt der operativen Therapie angeht lassen sich nach Bühren (1) folgende Richtlinien formulieren: eine frühzeitige operative Versorgung, d.h. innerhalb 24 Stunden sollte bei hochgradigen Instabilitäten erfolgen (Typ B und C), bei denen sekundär neurologische Schädigungen zu befürchten sind. Eine notfallmäßige sofortige Operation ist bei Patienten mit instabilen HWS-Verletzungen und begleitenden neurologischen Ausfllen indiziert, wenn durch Dekompression eine Besserung zu erwarten ist (1, 3). Ebenso schnell sollten Patienten mit einem SHT, Polytraumatisierte sowie tetraplegische Patienten behandelt werden, da sich positive Effekte auf die berlebensquote, Komplikationsrate und Rehabilitationsmglichkeiten nachweisen lassen (1). Was Wirbelsäulenverletzungen mit Rückenmarksbeteiligung angeht, kann nur eine schnellst mögliche Dekompression innerhalb eines kleinen Zeitfensters von wenigen Stunden das neurologische Outcome verbessern (53-55). Außerdem kann durch eine sofortige operative

Versorgung eine Verschlechterung des neurologischen Befundes durch fortwährende Instabilität verhindert werden (11, 30). Instabilitäten, die nicht mit neurologischen Ausfällen einhergehen, sich aber über äußere Ruhigstellung sicher retinieren lassen, können ggf. auch elektiv operiert werden (1).

#### **1.5.2.4 Komplikationen**

In der DGU-Sammelstudie (3) wurde eine intraoperative Komplikationsrate von etwa 9% beobachtet. Dabei waren Verletzungen der Halsgefäße führend, gefolgt von zugangsbedingten Verletzungen der Halsnerven (nervus recurrens, nervus hypoglossus). Ebenso kamen iatrogene Halsweichteilverletzungen, wie Schilddrüsen-, Ösophagus-, sowie Larynxläsionen vor (1, 3). Am meisten gefürchtet ist eine Myelonverletzung mit Verschlechterung der neurologischen Situation.

In der Literatur sind als Spätkomplikationen nach operativen Eingriffen an der HWS Schmerzsyndrome beschrieben, die unabhängig vom Zugangsweg verstärkt 3-4 Jahre postoperativ auftreten. Rückenmarksverletzte, sowohl Tetraplegiker als auch Tetraparetiker leiden in 79 % der Fälle unter Schmerz bzw. Spastik mit Schmerz. Nur etwa 5% der Patienten ohne neurologische Symptomatik weisen nach Fusion Schmerzen auf, wobei diese u.a. auf die Mehrbelastung benachbarter Segmente zurückgeführt werden kann (56).

## **1.6 Lebensqualität**

Eine allgemein anerkannte Definition von LQ liegt derzeit nicht vor (57), vielmehr wird der Begriff aus verschiedenen Betrachtungsperspektiven (medizinisch, psychologisch, soziologisch, philosophisch) unterschiedlich definiert. In der Medizin wurde der Begriff erst zu Beginn der 80'er Jahre als eigenständiger Terminus eingeführt (58, 59) in Verbindung mit dem Versuch die LQ erfassbar und somit messbar zu machen. Mit dieser Entwicklung begann die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Begriff der LQ (58), woraufhin in den 90-er Jahren die Weltgesundheitsorganisation (WHO)-Definition erfolgte. Demnach wird die LQ aufgefasst als „subjektive Wahrnehmung einer Person über ihre Stellung im Leben in Relation zur Kultur und den Wertesystemen, in denen sie lebt und in Bezug auf ihre Ziele, Erwartungen, Standards und Anliegen. Es handelt sich um ein Arbeitskonzept, das in komplexer Weise beeinflusst wird durch die körperliche Gesundheit, den psychologischen Zustand, den Grad der Unabhängigkeit, die sozialen Beziehungen und den hervorstechendsten Eigenschaften der Umwelt“ (60). Bei der Beurteilung des

Gesundheitszustandes geht es heutzutage nicht mehr allein um die in der Medizin üblichen Indikatoren, wie Symptomreduktion oder Komplikationsraten nach einer Behandlung, sondern zunehmend darum wie der Gesundheitszustand erkrankter Menschen subjektiv empfunden wird (61). Aus diesem Grundgedanken heraus entwickelte sich das Konzept der „subjektiven Gesundheit“ bzw. der „gesundheitsbezogenen Lebensqualität“. Bislang existiert kein einheitliches Modell der gesundheitsbezogenen LQ, allerdings herrscht ein internationaler Konsens darüber, dass es sich dabei um ein multidimensionales Konstrukt handelt, welches sich im Wesentlichen in vier Komponenten untergliedern lässt: die physische Gesundheit, die psychische Gesundheit, die soziale Gesundheit sowie die funktionale Gesundheit (57, 62). Die physische Gesundheit schließt körperliche Beschwerden sowie die körperliche Leistungsfähigkeit ein, während die psychische Gesundheit das emotionale Befinden beschreibt. Die soziale Gesundheit bezieht sich auf die Ausgestaltung zwischenmenschlicher Beziehungen und sozialer Interaktionen. Einschränkungen in Lebensbereichen wie Haushalt, Beruf, Freizeit haben Auswirkungen auf die funktionale Gesundheit (61). Dieses multidimensionale Modell stellt die Grundlage für die meisten derzeit verfügbaren Messverfahren der gesundheitsbezogenen LQ dar: Fragebögen oder Interviews mit fester Itemvorgabe und Antwortvorgaben, die in Zahlenwerte kodiert und zu Messwerten zusammengerechnet werden (57).

Der aus dem angloamerikanischen Raum stammende Short Form 36 (SF-36) findet zur Messung der gesundheitsbezogenen LQ häufig Anwendung. Die ursprüngliche Form des Tests bestand aus 100 Items (Testfragen) und wurde nach empirischen Verfahren auf die Items reduziert, die die vier wesentlichen Dimensionen der subjektiven Gesundheit methodisch adäquat repräsentieren (58). Endergebnis ist ein aus 36 Items bestehender Fragebogen, der weltweit anerkannt ist, in zahlreichen Studien validiert, hinreichend getestet und inzwischen in über vierzig Sprachen erhältlich ist (58, 62).

## 1.7 Auswirkungen des Traumas

Das Erleiden einer HWS-Verletzung ist für die meisten Betroffenen ein einschneidendes Ereignis, durch das sie plötzlich und unerwartet aus dem alltäglichen Leben gerissen werden. Noch Jahre nach einem Trauma leiden Patienten immer noch unter dessen Spätfolgen (62), die sowohl physischer als auch psychischer Natur sein können. Bei den physischen Folgeerscheinungen stehen körperliche Funktionseinschränkungen und Schmerzen im Vordergrund. Bei der HWS-Verletzung können Einschränkungen von persistierenden Nackenbeschwerden bis hin zum völligen Verlust der Willkürmotorik bei Tetraplegie reichen. Insbesondere bei Letzterem sind die Patienten gezwungen, sich auf ein neues und stark verändertes Leben einzustellen. Die langwierigen psychischen Spätfolgen können sowohl beim jungen Verkehrsunfallverletzten, als auch beim älteren Gestürzten auftreten (62, 63). So leiden bis zu 60% der Traumapatienten an Fahrphobien, bei bis zu 42% liegt eine Angststörung vor und bis zu 45% berichten über eine depressive Symptomatik (62). Der Sturz im Alter kann ebenfalls eine Depression auslösen, er kann das Selbstwertgefühl zerstören und Angst hervorrufen, wobei hier insbesondere die Angst vor dem erneuten Sturz im Vordergrund steht (63). Studien zeigen, dass das Vorkommen psychischer Symptome nicht mit der Verletzungsschwere des Patienten korreliert. Vielmehr scheint die subjektive Wahrnehmung der Verletzungsschwere relevant zu sein (64, 65). Nicht zu vergessen sind die sozio-finanziellen Folgen: bei einem Großteil der Unfallopfer kommt es zu einem sozialen Rückzug und/oder einer erschwerten beruflichen Wiedereingliederung (62). Im Vergleich zu Verletzungen aller großen Organsysteme ist bei Wirbelfrakturen der Anteil an Patienten, die ihren Beruf wiederaufnehmen können, am geringsten (4).

## 1.8 Ziele dieser Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es anhand einer retrospektiven Studie die Ursachen und Verletzungsmuster von HWS-Verletzungen detailliert zu analysieren und Zusammenhänge mit der gesundheitsbezogenen LQ zu untersuchen. Zwar gibt es zahlreiche Studien, die die LQ nach einem Polytrauma untersuchen, allerdings nur wenige, die sich spezifisch mit der Patientengruppe der HWS-Verletzten auseinandersetzen.

Bei der Untersuchung der gesundheitsbezogenen LQ wurde insbesondere Wert darauf gelegt Faktoren, die die LQ dieser Patientengruppe beeinflussen zu identifizieren und zu evaluieren.

Folgende Fragestellungen wurden im Einzelnen behandelt:

- Wie ist die LQ der HWS-Verletzten im Vergleich zur Normpopulation?
- Wie hoch ist der Anteil an Patienten, die auch Jahre nach der HWS-Verletzung subjektiv Beschwerden angeben? Um was für Beschwerden handelt es sich?
- Gibt es alters-, geschlechts-, oder verletzungsspezifische Einflüsse (isolierte HWS-Verletzung, HWS-Verletzung mit SHT, HWS-Verletzung mit Polytrauma) auf die LQ der HWS-Verletzten?

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Es handelt sich um eine retrospektive, klinische Studie, bei der alle Patienten erfasst wurden, die im Zeitraum Januar 2003 bis Juni 2013 in der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Düsseldorf behandelt wurden und die Einschlusskriterien der Studie erfüllten.

Die Patienten wurden anhand der Stichwortsuche „HWS Trauma“ und dem Vorliegen einer der International Classification of Diseases (ICD-10) Diagnoseschlüssel S12 –S14 mittels einer elektronischen Patientendatenbank ermittelt. Die ICD S.12 entspricht der Diagnose einer Fraktur im Bereich des Halses, S.13 wird bei einer Luxation, Verstauchung und Zerrung von Gelenken und Bändern in Halshöhe zur Kodierung genutzt, während S.14 für die Verletzung der Nerven und des Rückenmarkes in Halshöhe steht (66). Aus den digital archivierten Krankenakten sowie digitalen Röntgen, CT und MRT-Bilder wurden die benötigten Daten zusammengetragen. Insbesondere Entlassungs-, und Verlegungsberichte, OP-Berichte, radiologische Befunde und Notarztprotokolle wurden hierfür ausführlich ausgewertet. Zur Evaluation der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und dem subjektiven Beschwerdezustand wurde an alle Patienten ein SF-36 Fragebogen in deutscher Sprache (siehe 2.3.3) verschickt.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Heinrich-Heine- Universität geprüft und genehmigt (Studiennummer 4332).

### **2.2 Patientengut**

Einschlusskriterium für die Studie war eine Verletzung der Halswirbelsäule. Ausschlusskriterien waren Verletzungen an anderen Abschnitten der Wirbelsäule: BWS, LWS, os sacrum sowie Vorschäden an der HWS. Darunter fallen vorbestehende Unfallfolgen im Bereich der HWS, chronische Erkrankungen unter Mitbeteiligung der HWS, z.B. Morbus Bechterew, chronische Polyarthritits, Fibromyalgie o.Ä. Weiterhin ausgeschlossen wurden Patienten, die nicht exklusiv durch die Neurochirurgische Klinik behandelt worden sind, sondern durch andere Kliniken des Universitätsklinikums, wie z.B. die Klinik für Unfallchirurgie. Waren die aus Arztbriefen, Operationsberichten und der Bildgebung ermittelten Patientendaten unvollständig, führte dies zum Ausschluss aus der Studie. Nach diesen Kriterien konnten 129 Patienten in die Studie aufgenommen werden. Dabei handelt es sich um 62 Frauen und 67 Männer mit einem Durchschnittsalter von

61,8 Jahren (14-94), die von Januar 2003 bis Juni 2013 in der Neurochirurgischen Klinik des Uniklinikum Düsseldorf behandelt wurden.

## **2.3 Studienablauf**

### **2.3.1 Datenerfassung anhand von Patientenakten**

Mithilfe des klinikinternen, elektronischen Patientendatenbanksystems MEDICO und WPO konnten sowohl persönliche als auch unfallbezogene Daten erhoben werden. Dazu zählen:

- Geschlecht, Alter
- Adresse, Telefonnummer
- Unfallursache
- Krankenhausaufenthaltsdauer, Dauer des intensivmedizinischen Aufenthalts
- Art, Klassifikation und Höhe der HWS-Verletzung
- Neurologischer Status bei Aufnahme, Entlassung und zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung
- Polytraumaanteil (Schweregrad des Polytrauma, Begleitverletzungen, ISS)
- Verletzungsmuster des Schädel-Hirn-Trauma
- Entlassende Therapie (operativ / konservativ, Operationstechnik, Zeitraum zwischen Unfall und Operation)
- Begleiterkrankungen

Alle erhobenen Daten wurden in eine Datenbank von Microsoft Excel (Version 12.0, Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) eingegeben. Dadurch waren für jeden Patienten die persönlichen, unfallbezogenen Daten sowie die Score-Erfassungen in Tabellenform darstellbar. Die erhobenen Daten wurden in pseudonymisierter Form gespeichert und ausgewertet.

### **2.3.1.1 Verwendete Scoring- und Klassifikations- Systeme**

Damit die hier erhobenen Daten mit anderen Kollektiven vergleichbar sind, ist es notwendig, diese mittels allgemein anerkannten und validierten Einteilungssystemen zu klassifizieren.

- **Neurologischer Status , ASIA**

Die Patientenakten gaben Aufschluss darüber, ob neurologische Defizite und welche Art von Defiziten vorlag: motorische Ausfälle, sensible Ausfälle und/oder vegetative Ausfälle. Der neurologische Status wurde zu verschiedenen Zeitpunkten festgehalten: bei Aufnahme, Entlassung und zum Zeitpunkt der letzten dokumentierten ambulanten Verlaufskontrolle. Bei beiden letzteren Zeitpunkten wurde jeweils unterschieden, ob sich die neurologische Symptomatik komplett erholt hatte, sich um einen ASIA Grad verbessert hatte, sich um  $\geq 2$  ASIA Grade verbessert hatte oder keinerlei Verbesserung eingetreten war. Die Einteilung des Schweregrades bei vorliegenden Querschnittslähmungen erfolgte in Form der ASIA-Klassifikation, die einer modifizierten Form nach Frankel entspricht (25, 67). Eine tabellarische Darstellung der ASIA Impairment Scale findet sich in 1.3.

- **Polytraumaanteil und Schweregrade**

Als Polytrauma wird eine lebensbedrohliche Verletzungskombination bezeichnet, die mindestens zwei Körperregionen betrifft (68). Zur Beurteilung des Schweregrades des Polytraumas wurde die Einteilung nach Schweiberer gewählt, welche neben den Höhlen- und Extremitätenverletzung den Schock und den Grad der Hirnverletzung berücksichtigt. Die genauen Kriterien für die Schweregrade I-III lassen sich Tabelle 3 entnehmen (69).

---

## Schweregradeinteilung des Polytrauma

---

Schweregrad	Erklärung
I	Arterieller PO <sub>2</sub> normal, keine klinischen Schocksymptome, gedecktes Schädelhirntraum I. Grades, Prellungen, Weichteilwunden, Distorsionen und Muskelzerrungen kombiniert mit <ul style="list-style-type: none"><li>• 1 bis 2 Frakturen der oberen Extremität</li><li>• einer einzelnen Unterschenkelfraktur</li><li>• einer stabilen Wirbelkörperfraktur</li><li>• einem Beckenrandbruch</li><li>• einem einseitigen vorderen Beckenringbruch</li></ul>
II	Arterieller PO <sub>2</sub> gering erniedrigt, leichtere klinische Schocksymptome, mit oder ohne gedecktes Schädelhirntrauma II. Grades, eine Oberschenkelfraktur, zwei Unterschenkelfrakturen, Trümmerfrakturen der unteren Extremität, komplexe Beckenringfrakturen, offene Frakturen II. und III. Grades, ausgedehnte Weichteilwunden
III	Arterieller PO <sub>2</sub> unter 60 mm Hg, klinisch schwere Schocksymptome, gedecktes Schädelhirntrauma III. und IV. Grades, schwere Thorax- oder Abdominalverletzungen kombiniert mit <ul style="list-style-type: none"><li>• offenen oder geschlossenen Extremitätenfrakturen</li><li>• stark blutende Wunden</li></ul>

---

**Tabelle 3:** Polytraumaeinteilung nach Schweiberer (69)

- **Injury Severity Score (ISS)**

Der ISS ist ein anatomischer, auf der Abbreviated Injury Scale (AIS) basierender Score zur Beurteilung der Verletzungsschwere. Dieser wurde erstmals 1975 von Baker et al. eingeführt und ist seither ein anerkanntes und häufig genutztes Instrument in der Traumatologie zur Beschreibung der Verletzungsschwere. Die Verletzungen werden sechs verschiedenen Körperregionen zugeordnet (ZNS, Thorax, Herz-Kreislauf-System, Abdomen, Extremitäten, Haut- und Subkutangewebe) und erhalten je nach Schwere der Verletzung einen AIS-Punktwert von 1-5. Die leichteste Form der Verletzung pro Region erhält einen Punkt, die schwerste Form fünf Punkte. Auf die Körperregion ZNS bezogen, entspräche der Punktwert 1 einer Schädelprellung/ Platzwunde oder Bewusstseinsstörung. Einer tiefen Bewusstseinsstörung von mehr als 24 Stunden oder einer Tetraplegie kommen der Punktwert 5 gleich (Tabelle 4). Bei mehreren Verletzungen einer Region wird die Verletzung mit dem höchsten AIS-Punktwert identifiziert. Der ISS wird berechnet, indem man die drei AIS-Punktwerte (max.5) der drei am schwersten

verletzten Körperregionen zunächst jeweils quadriert (max.25) und anschließend summiert (max. 75). Es gilt:  $ISS = (AIS)^2 + (AIS)^2 + (AIS)^2$ . Daraus resultieren Werte zwischen 3 (min. Verletzungsschwere) und 75 (max. Verletzungsschwere). Sobald eine Verletzung als letal gilt und einen AIS-Punktwert von 6 erhält, wird der ISS per definitionem 75. Tabelle 5 zeigt den bei den Patienten verwendeten ISS-Trauma-Score-Bogen (67).

<b>Abbreviated Injury Scale</b>	
AIS Punktwert	Verletzungsschwere
1	Leicht
2	Mäßig
3	Ernst
4	Schwer
5	Lebensbedrohlich
6	Tödlich

**Tabelle 4:** Abbreviated Injury Scale(67)

<b>ISS- Trauma-Score Bogen</b>			
ZNS	Thorax	Herz-Kreislauf	AIS-Punktwert
Schädelprellung/Platzwunde, Bewusstseinsstörung	Schmerzen	>10% ( 500 ml) Blutverlust	1
Kopfverletzung, Coma<1Min., 1 Schädelfraktur	Einzelne Rippen- u./o. Sternumfraktur	10 – 20% Blutverlust, Hautperfusion, Urin > 30 ml /h	2
Coma> 15 Min., mehrere Frakturen; HWS Fraktur disk. Neurologie	Hämato- Pneumothorax, 1 o. mehrere Rippenfrakturen	20 – 30% (1000-1300 ml) RR >80	3
Coma> 60 Min., o. schwere neurol. Störungen, o. Paraplegie	offene Brustwunde, Spannungspneu, Atemversagen, Zwerchfellruptur	30 – 40% (1500-2000ml) RR <80	4
tiefes Coma> 24 h, Tetraplegie	Aspiration, akuter Atemstillstand, Pneumothoraxbds.	> 40% o. Coma, Arrhythmie, Schock	5

Abdomen	Extremitäten	Haut- und Subcutan	
leichte Bauchdeckenprellung ohne Peritonealreizung	kleinere Verletzungen und Frakturen (keine langen Röhrenknochen)	Verbrennung, Contusion, Abrasion 5%	1
starke Rücken- und Bauchwand Schmerzen, Rippen X7-12	einzelne X: Humerus, Ulna, Radius, Tibia, Fibula, Clavicula	5 – 15%	2
<b>eine</b> von: kleine Leberverletzung, Dünndarm, Milz, Niere, Pancreas, Mesenterium, Ureter-Verletzung	multiple o. mittelschwere X: Femur, Becken stabil, Röhre mit Dislokation	15 - 30%	3
2 größere intraabdominelle Verletzungen ( Leber, Blase, Colon)	2 mittelschwere o. mehrfache X: Femur, instab. Becken, Amputation	30 – 45% Verbrennung, Aushülsung Bein, Arm, o.a.	4
2 o.mehr schwere Verletzungen (Leberzerreissung, Milzruptur, Pfortader, Cava, Aorta)	2 schwere o. multiple Frakturen	> 45% Verbrennung 3.Grd.	5

**Tabelle 5:** ISS-Trauma-Score Bogen (67)

- **Glasgow Coma Scale (GCS)**

Die GCS als quantitative Erfassung einer Bewusstseinsstörung wurde zum Zeitpunkt der Krankenhausaufnahme ermittelt und findet in der vorliegenden Arbeit Anwendung, um das Ausmaß eines eventuell erlittenen SHT aufzuzeigen. Beurteilt werden verschiedene Reaktionen (Augen öffnen, Sprache, Motorik), für die Punkte vergeben werden ( Tabelle 6). Anschließend werden die Punktzahlen der drei Kategorien addiert, wobei maximal 15 Punkte und minimal 3 Punkte erreicht werden können (70). Ein Punktwert von 13-15 gilt als leichtes SHT, von 9-12 als mittelschweres und von 3-8 als schweres SHT (71) (Tabelle 7).

<b>Glasgow Coma Scale</b>		
Kategorie	Bewertung	Punkte
Augen öffnen	Spontan	4
	auf Ansprache	3
	auf Schmerzreiz	2
	Keine	1
verbale Reaktion	Orientiert	5
	Desorientiert	4
	inadäquate Worte	3
	unverständliche Laute	2
	Keine	1
motorische Reaktion	befolgt Aufforderungen	6
	gezielte Schmerzabwehr	5
	ungezielte Schmerzabwehr	4
	Beugereaktion	3
	Streckreaktion	2
	Keine	1

**Tabelle 6:** Glasgow Coma Scale (71)

<b>Schädel-Hirn-Trauma-Schweregrade</b>		
	Punkte	Einteilung
GCS	13-15 Punkte	leichtgradiges SHT
	9-12 Punkte	mittelgradiges SHT
	3-8 Punkte	schwergradiges SHT

**Tabelle 7:** Einteilung des Schädel-Hirn-Trauma-Schweregrades anhand der GCS (71)

- **Vorerkrankungen**

Es erfolgte das Erfassen von Vorerkrankungen, soweit diese in der Patientenakte dokumentiert waren. Die Erkrankungen wurden verschiedenen Organsystemen zugeteilt, sodass die Einteilung in folgende Kategorien erfolgte: Bluterkrankungen, Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, Lungenerkrankungen, Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes, Erkrankungen des ZNS, Erkrankungen des Urogenitaltraktes, endokrinologische

Erkrankungen, Hauterkrankungen, Infektionserkrankungen, Rheumatische Erkrankungen, Gefäßerkrankungen und psychische Erkrankungen. Tabelle 8 veranschaulicht beispielhaft welche Erkrankungen bei dem vorliegenden Patientengut vorkamen.

<b>Begleiterkrankungen</b>	
Erkrankung	Beispiel
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	Arterielle Hypertonie Koronare Herzkrankheit Herzinsuffizienz Klappenvitien Herzrhythmusstörungen
ZNS-Erkrankungen	Epilepsie Morbus Parkinson Demenz Subcorticale arteriosklerotische Enzephalopathie Apoplex
endokrinologische Erkrankungen	Schilddrüsenerkrankungen Hyperurikämie Diabetes Mellitus
Lungenerkrankungen	Asthma bronchiale COPD
Erkrankungen Urogenitaltrakt	Harninkontinenz Niereninsuffizienz Prostataerkrankungen
Erkrankungen Gastrointestinaltrakt	Gastritis Sigmadiverticulitis chronische Duodenitis gastroösophagealer Reflux
rheumatische Erkrankungen	chronische Polyarthrit
psychische Erkrankungen	Depression Psychose
Gefäßerkrankungen	Periphere arterielle Verschluss- krankheit
Infektionserkrankungen	Tuberkulose

**Tabelle 8:** Beispiele an Begleiterkrankungen

## **2.3.2 Auswertung Bildmaterial**

Neben der Erfassung patientenbezogener Daten wurde auch das radiologische Bildmaterial ausgewertet. Hierfür wurden die Aufnahmen zunächst im digitalen Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem PACS (Picture Archiving and Communication System) auffindig gemacht. Die zur Verfügung stehenden konventionellen Röntgen-, CT- und MRT-Bilder wurden anschließend genutzt, um im Falle von Frakturen eine Einordnung in die AO-Klassifikation und andere Klassifikationen vorzunehmen sowie diese in stabile und instabile Frakturen einzuteilen. Insbesondere bei MRT-Bildern konnten discoligamentäre Begleitverletzungen und durch Myelonkompression bedingte Myelopathiesignale beurteilt und dokumentiert werden. Beim Vorliegen von Spinalkanalstenosen konnte anhand der Ausmessung des Wirbelkanals eine Einteilung in relative und absolute Stenosen erfolgen. Postoperative Röntgenkontrolluntersuchungen der HWS erlaubten eine Aussage über die Lage des eingebrachten Osteosynthesematerials.

### **2.3.2.1 Wirbelkörperhöhe, Bewertung der Stabilität einer Fraktur**

Für die Frakturhöhe galt neben der Dokumentation der betroffenen Wirbelkörper und der Anzahl der betroffenen Wirbelkörper eine Aufteilung in die obere HWS (HWK 1 und 2) und die untere HWS (HWK 3-7). Beim Vorliegen von radiologischen Instabilitätskriterien wurde die Fraktur als instabil gewertet. Zu diesen gehören: segmentale sagittale Verschiebung um  $> 3,5$  mm (Vorderkante oder Hinterkante), segmentale Kyphosierung von  $> 11^\circ$  Differenz zu den angrenzenden Segmenten, Subluxation der Facettengelenke mit weniger als 50 % Überdeckung, erhöhte interspinöse Distanz, Wirbelkörperfrakturen – insbesondere Tear-drop-Verletzungen (72).

### **2.3.2.2 Klassifizierung der Fraktur**

Für die Einteilung von Atlasfrakturen wurde die Klassifikation nach Gehweiler (33) verwendet, für Dens und Corpus Axis-Frakturen die Einteilung nach Anderson und D'Alonzo (35) sowie die Einteilung nach Effendi (38) für die traumatische Spondylolisthesis C2/C3. Für die untere HWS nutzten wir die auf Magerl et al. basierende und für die HWS angepasste AO-Klassifikation (39).

### **2.3.2.3 Spinalkanalstenose**

Beim Vorliegen einer Spinalkanalstenose wurde zur quantitativen Beurteilung die Breite des Spinalkanals in der anterior-posterioren Richtung eines CT-Bildes bestimmt. Hierfür wurde mithilfe des PACS Programmes die Entfernung zwischen der Mitte der dorsalen Wirbelkörperkante und der ventralen spinolaminären Linie in mm gemessen. Bei einem Spinalkanaldurchmesser von weniger als 15 mm hielten wir eine relative zervikale Spinalkanalstenose fest und bei weniger als 10 mm eine absolute zervikale Spinalkanalstenose (73).

### **2.3.2.4 Myelopathiesignal**

Insbesondere bei Rückenmarksverletzungen wurde ein Augenmerk auf die T2-gewichteten Aufnahmen der Kernspintomographie gelegt. Wenn in diesen eine durch die Myelonkompression bedingte Hyperintensität beobachtet wurde, ein sog. Myelopathiesignal, so prüften wir das Vorhandensein in sagittalen sowie axialen Aufnahmen, um Artefakte auszuschließen.

### **2.3.3 Fragebogen**

Es wurde ein Fragebogen erstellt, der aus zwei Komponenten besteht:

1. SF-36 (Short Form-36 Health Survey) Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in der Deutschen Fassung
2. Fragen zur Erfassung von Auftreten und Art der Beschwerden nach Behandlung

Der SF-36 ist ein krankheitsüberfassendes Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Patienten (74). Der Fragebogen ist im deutschen Sprachraum und verschiedenen anderen Ländern hinsichtlich Reliabilität und Validität evaluiert worden und findet Anwendung in diversen Studien (75). Daher ist der SF-36 ein geeignetes Instrument und wird in der vorliegenden Studie in der deutschsprachigen Version verwendet. Diese wurde im Bundes-Gesundheitssurvey 1998 eingesetzt und an einer Stichprobe von 6964 Probanden normiert, die sich im Alter von 18 und 80 Jahren befanden und in der Bundesrepublik Deutschland lebten (76).

Er erfasst mit 36 Items acht Skalen der subjektiven Gesundheit, die sich in die Bereiche körperliche und psychische Gesundheit einordnen lassen. Mit einer einzelnen Frage wird der aktuelle Gesundheitszustand im Vergleich zum vergangenen Jahr erfragt. Die Skalen werden in Tabelle 9 dargestellt und kurz erläutert (77).

**SF-36**

Skala	Abkürzung	Itemanzahl	Beschreibung der Skala
Körperliche Funktionsfähigkeit	KÖFU	10	Ausmaß der Beeinträchtigung körperlicher Aktivitäten wie Selbstversorgung, Gehen, Treppensteigen, Bücken, Heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten
Körperliche Rollenfunktion	KÖRO	4	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten bestimmte Aktivitäten auszuführen
Körperliche Schmerzen	SCHM	2	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl innerhalb als auch außerhalb des Hauses
Gesundheitswahrnehmung	AGES	5	Allgemeine persönliche Beurteilung des Gesundheitszustandes einschließlich aktuellen Zustands, zukünftige Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen.
Vitalität	VITA	4	Erfasst wird die Empfindung energiegeladen und voller Schwung zu sein oder müde und erschöpft
soziale Funktionsfähigkeit	SOFU	2	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
Emotionale Rollenfunktion	EMRO	3	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen, unter anderem weniger Zeit aufbringen, weniger leisten und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
Psychisches Wohlbefinden	PSYC	5	Allgemeine psychische Gesundheit mit Erfassung von Depressionen, Ängsten, emotionaler und verhaltensbezogener Kontrolle, allgemeine positive Gestimmtheit
Veränderung der Gesundheit		1	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum Jahr zuvor. Erfasst wird, ob dieser sich gebessert, verschlechtert hat oder gleich geblieben ist

**Tabelle 9:** Skalen, Abkürzungen, Item-Anzahlen und Beschreibung der SF-36 Skalen, aus (77)

Die Aufgabe des Patienten bestand darin, bei jeder Frage die Antwortalternative anzukreuzen, die seinem Empfinden zum Befragungszeitpunkt am nächsten kam. Die Antwortkategorien variierten, wobei sowohl binäre (Ja/ Nein-Antworten) als auch mehrstufige Antwortskalen (z.B. keine Schmerzen – sehr leicht – leicht – mäßig – stark – sehr stark) vorkamen. Die Auswertung des SF-36 Fragebogens ist international standardisiert und wurde von uns mit Hilfe von Statistikern durchgeführt („05 Statistikberatung“). Alle im SF-36 erfassten Skalen wurden in Werte zwischen 0 und 100 transformiert, sodass ein Vergleich der Skalen miteinander möglich war. 0 entsprach der niedrigsten und 100 der höchsten Lebensqualität. Somit wurde die subjektiv erlebte Gesundheit des Patienten durch Transformierung in einen Zahlenwert quantifiziert. Hierdurch war sowohl der Vergleich unter den Skalen möglich als auch der Vergleich zwischen verschiedenen Patientenkollektiven.

Aus den acht Dimensionen konnten zwei zusammenfassende Summenscores errechnet werden, die körperliche (physical component score, PCS) bzw. psychische (mental component score, MCS) Summenskala. Hierbei stimmten KÖFU, KÖRO, SCHM und AGES am meisten mit der körperlichen Summenskala überein, während PSYC, EMRO, SOFU und VITA am ehesten mit der psychischen Summenskala korrelierten. Die Summenskalen ergaben nach der Transformation eine Verteilung mit einem Mittelwert von 50 und einer Standardabweichung von 10. Zum Vergleich der eigenen Werte dienten Summenskalen einer deutschen Normstichprobe (78).

Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Arbeit war neben der Erfassung der gesundheitsbezogenen LQ zu erfahren, wie groß der Anteil an Patienten ist, die nach der Behandlung weiterhin Beschwerden beklagten und festzuhalten welche Art von Beschwerden vorlagen. Hierfür wurden den Fragen des SF-36 weitere hinzugefügt: es konnte angekreuzt werden, ob Symptome wie Kopfschmerzen, Nackenschmerzen, eingeschränkte Beweglichkeit der HWS, Sensibilitätsstörungen oder Schluckstörungen seit der HWS-Verletzung vorliegen und weitere Symptome konnten schriftlich im Freitext angegeben werden.

Die Patientenbefragung mittels Fragebögen erfolgte im Mittel 56 Monate (= 4,7 Jahre) nach dem Krankenhausaufenthalt, die kürzeste Dauer lag bei 18 Monaten (=1,5 Jahre), die längste bei 96 Monaten (= 8 Jahre). Bei Nichtzurücksenden des Fragebogens wurde dieser in gleicher Form ein zweites und drittes Mal verschickt. Sofern die Rückantwort weiterhin ausblieb, wurden die Patienten telefonisch kontaktiert. Hierfür wurden die in den Patientenakten angegebenen Rufnummern zu Hilfe genommen oder die Hausärzte zwecks Ermittlung einer Rufnummer kontaktiert. Es erfolgten mehrmalige Anrufversuche an unterschiedlichen Tagen und verschiedenen Tageszeiten. Um die Rücklaufquote zu

erhöhen, wurde den Patienten ein erneutes Zusenden des Fragebogens angeboten oder folgende Alternativen: ein Besuch in der neurochirurgischen Ambulanz mit gemeinsamem Ausfüllen des Fragebogens oder ein Telefon-Interview. Bei der Datenerhebung durch ein Telefoninterview wurden alle Daten in Papierform aufgenommen und später in eine Excel-Tabelle eingegeben, ebenso wurde mit den zugesandten Papierfragebögen verfahren. Der gesamte Fragebogen befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

### **2.3.4 Statistische Auswertung**

Nach Abschluss der Datendokumentation und dem Erfassen der ausgefüllten Fragebögen erfolgte das Übertragen der Excel Tabellen in das Softwareprogramm SPSS Statistics (Version 20.0, IBM Corp., Armonk, NY). Hier wurden die erfassten Daten in Variablen umkodiert, welchen Wertelabels zugeordnet wurden (nominal, ordinal oder metrisch).

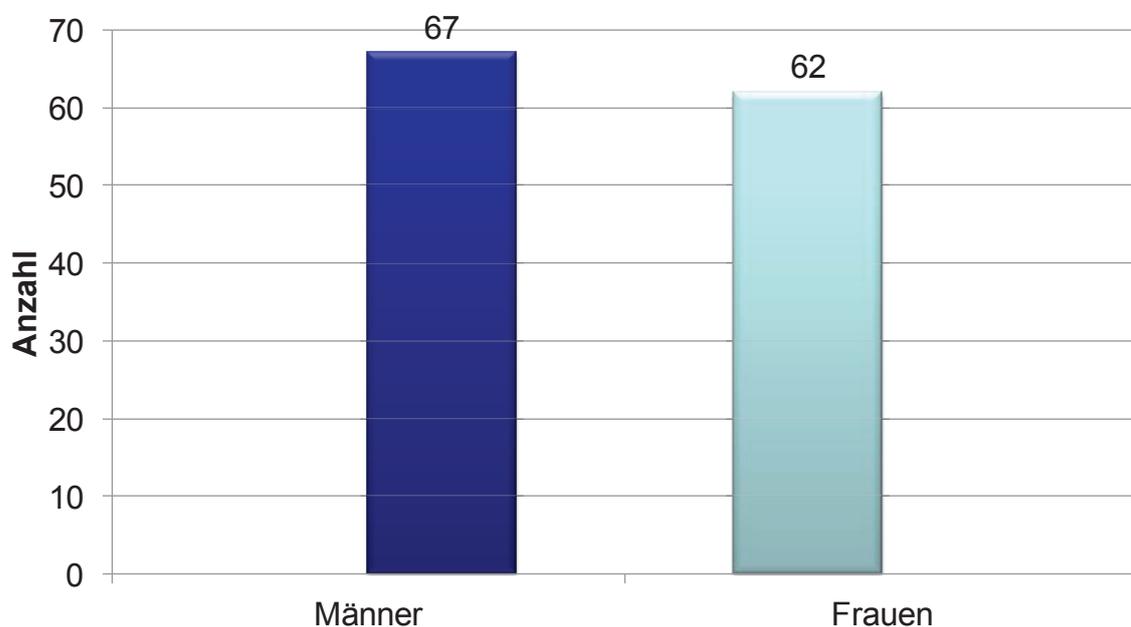
Es erfolgte sowohl eine deskriptive, als auch analytische statistische Auswertung. Es wurden Kreuztabellen und Häufigkeitstabellen genutzt, wobei relative Häufigkeiten auf volle Zahlen gerundet und in Prozent angegeben wurden. Außerdem wurde von den Ergebnissen jeweils der Mittelwert, der Median, die Standardabweichung, der Minimal- und der Maximalwert berechnet und miteinander verglichen. Für den Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben nutzten wir den t-Test, bei dem eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 5\%$  ( $p < 0,05$ ) gewählt wurde. Folgende Signifikanzniveaus wurden festgelegt:  $p > 0,05$  war nicht signifikant,  $p \leq 0,05$  war signifikant,  $p \leq 0,01$  war hochsignifikant. Für die Untersuchung des Zusammenhanges von mehr als zwei Gruppen nutzten wir die Varianzanalyse.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Datenerhebung

#### 3.1.1 Patientengut

Die Studienpopulation umfasste 129 Patienten, die im Zeitraum vom Januar 2003 bis Juni 2013 aufgrund einer HWS-Verletzung in der Neurochirurgischen Klinik des Uniklinikum Düsseldorf behandelt wurden. Das Patientenkollektiv beinhaltete 62 Frauen (48,1%) und 67 Männer (51,9%), was einer ausgewogenen Geschlechterverteilung entsprach (Abb. 13).



**Abb. 13:** Geschlechtsverteilung

Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der HWS-Verletzung betrug  $61,8 \pm 21,0$  Jahre: der jüngste Patient war 14 und der älteste 94 Jahre alt. Die Inzidenz der Verletzungen stieg in beiden Geschlechtergruppen mit fortgeschrittenem Lebensalter. Der Häufigkeitsgipfel war mit 69 Patienten (53,5%) in der Altersgruppe über 65 Jahren angesiedelt, wobei der Frauenanteil größer als der Männeranteil war. Die 40-64-Jährigen machten mit 34 Patienten die zweitgrößte Gruppe aus (26,4%) (Abb. 14).

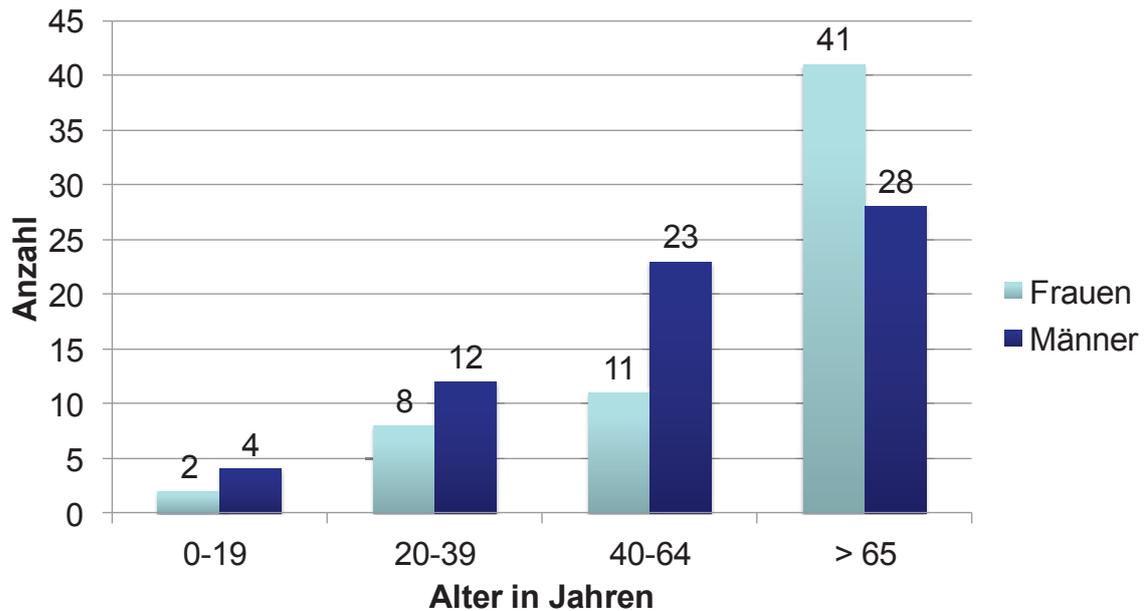


Abb. 14: Altersverteilung

### 3.1.2 Mortalität

Von den 129 Patienten des Kollektivs verstarben insgesamt 29 Patienten (22,5 %). 7 von diesen (24,1%) starben infolge primärer und sekundärer Unfallfolgen. Der ISS-Trauma Score Wert dieser 7 Verletzten betrug durchschnittlich 40,2 Punkte. Bei den weiteren 22 Verstorbenen (75,9%) konnte die Todesursache trotz Kontaktierung der Hausärzte nicht ermittelt werden.

### 3.1.3 Stationärer Aufenthalt und Entlassungsart

Der stationäre Aufenthalt betrug durchschnittlich 9,5 Tage  $\pm$  8,6. Der kürzeste Aufenthalt betrug einen Tag, der längste 62 Tage. Insgesamt 50 Patienten (38,8%) erfuhren eine intensivmedizinische Betreuung, wo sie im Durchschnitt 7 Tage  $\pm$  6,9 verblieben (1-30). Vom Gesamtpatientenkollektiv von 129 Patienten konnte die Mehrheit (71 Patienten, 55,0%) in eine ambulante Weiterversorgung entlassen werden, während 51 Patienten (39,5%) in eine rehabilitative Einrichtung verlegt wurden. Die restlichen 7 Patienten (5,4%) verstarben noch während des stationären Aufenthalts.

### 3.1.4 Follow-Up

Die Datenerhebung erfolgte im Dezember des Jahres 2013. Das durchschnittliche Follow-Up betrug 39,8 Monate  $\pm 22,6$  (= 3,3 Jahre), die kürzeste Dauer lag bei 8 Monaten (= 0,6 Jahre), die längste Dauer bei 79 Monaten (= 6,6 Jahre).

### 3.1.5 Unfallursache

73 Patienten und damit mehr als die Hälfte (56,6%) zogen sich die HWS Verletzung bei einem Sturz aus dem Stand bzw. aus niedriger Höhe (< 2 Meter) zu. Zu dieser Gruppe gehörten insbesondere ältere Patienten. Die zweithäufigste Unfallursache war der Verkehrsunfall, den insgesamt 26 Patienten erlitten (20,2%). Davon waren 11 mit dem PKW verunfallt, 6 mit dem Motorrad bzw. Roller, 5 mit dem Fahrrad und 4 zu Fuß. Bei weiteren 17 Patienten (13,2%) war die Ursache ein Sportunfall, dazu gehörten z.B. Reitunfälle und Badeunfälle. Der Sturz aus großer Höhe (> 2 Meter) ist bei 9 Verunfallten (7,0%) vorgekommen. Bei 4 Patienten lagen anderweitige Unfallursachen vor. Die genaue Häufigkeitsverteilung zeigt (Abb. 15).

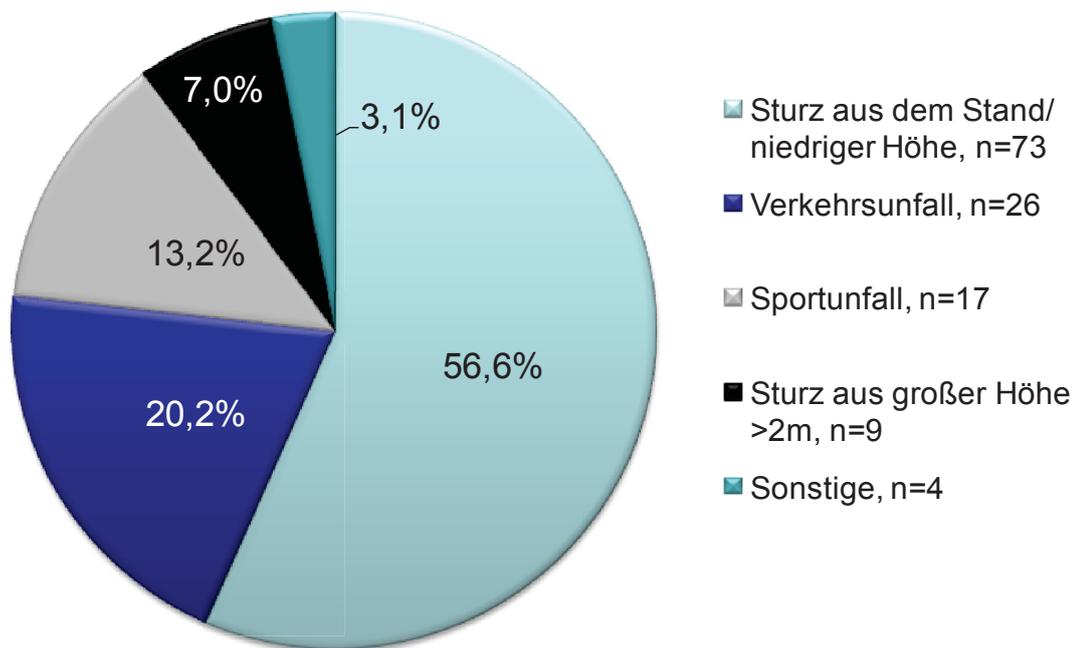


Abb. 15: Unfallursachen

## 3.1.6 Spinale Verletzungen

### 3.1.6.1 Wirbelkörperfrakturen

Von den 129 Patienten erlitt die Mehrheit, nämlich 116 Patienten (89,9%) eine Wirbelkörperfraktur an der HWS. Bei den restlichen 13 Patienten (10,1%) lag eine Luxation, Verstauchung oder Zerrung der Gelenke oder Bänder der HWS vor.

#### 3.1.6.1.1 Höhe der frakturierten HWK

Während die Hälfte der Patienten (58 Patienten) eine Fraktur an der unteren HWS erlitt, lag bei 43,1% (50 Patienten) eine Fraktur der oberen HWS vor. 8 Patienten (6,9 %) erfuhr Frakturen beider Wirbelsäulenanteile. Somit war die untere HWS etwas häufiger betroffen. Der am häufigsten frakturierte Wirbel (59 Patienten) war HWK 2, wobei es sich insbesondere um Dens Axis-Frakturen handelte, gefolgt von Frakturen des HWK 6 (29 Patienten). Es war eine von kranial nach kaudal zunehmende Inzidenz der Frakturen an der unteren HWS zu beobachten. Bei der Angabe der Wirbelkörperhöhe war eine Mehrfachnennung möglich (Abb. 16).

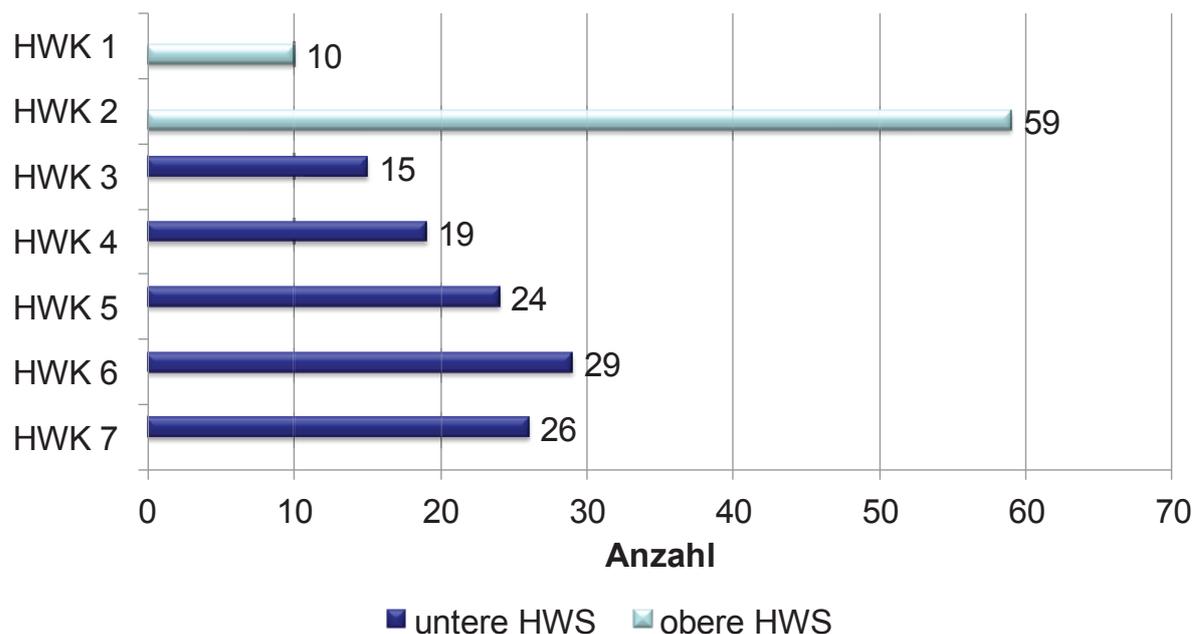


Abb. 16: Verletzungshöhe

### 3.1.6.1.2 Frakturhöhe in Beziehung zur Alterskategorie

Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit sich bei den verschiedenen Frakturhöhen Unterschiede in den Altersgruppen ergaben. Mit steigendem Lebensalter nahm die Inzidenz von Frakturen in allen drei Kategorien zu (d.h. obere HWS, untere HWS, beide HWS Teile). In dem Patientenkollektiv, das eine Fraktur der oberen HWS erlitt dominierten eindeutig die über 65-Jährigen (38 Patienten, 76,0% aller oberen HWS Frakturen), während in der Altersgruppe der unter 19-Jährigen keine einzige Fraktur der oberen HWS vorkam. Frakturen der unteren HWS kamen bei der Altersgruppe der 40-64-Jährigen (20 Patienten, 34,5% aller unteren HWS Frakturen) und der über 65-Jährigen (19 Patienten, 32,8%) zu nahezu gleichen Anteilen vor (Abb. 17).

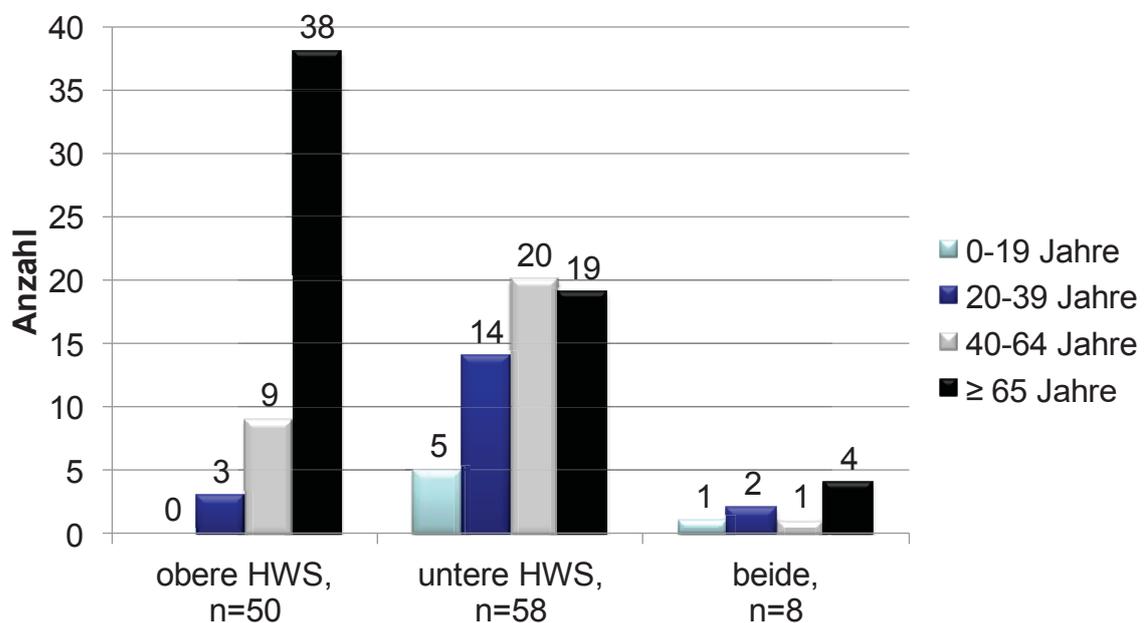


Abb. 17: Verteilung der Alterskategorien innerhalb der verschiedenen Frakturhöhen

### 3.1.6.1.3 Anzahl der frakturierten HWK

Bei 75 Verletzten, also der Mehrheit der Patienten (64,5%), fand sich eine Einfachverletzung: nur ein Wirbelkörper war frakturiert. Eine HWK Fraktur auf mehreren Etagen fand sich bei den restlichen 41 Patienten (35,4%). Dabei reichte die Anzahl von zwei bis zu sechs frakturierten HWK. Bei 30 der mehrfachverletzten Patienten waren zwei HWK frakturiert, bei sechs Patienten drei HWK, bei drei Patienten vier HWK und bei jeweils einem Patienten fünf bzw. sechs HWK (Abb. 18).

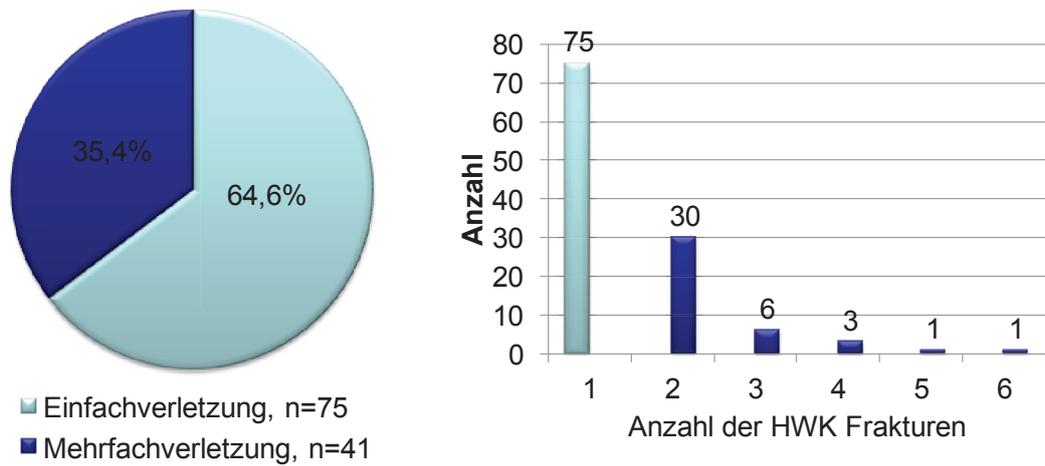


Abb. 18: Anzahl der frakturierten HWK bei einem Patienten

### 3.1.6.1.4 Anzahl der Frakturen in Beziehung zur Alterskategorie

In der Altersgruppe der 0-19-Jährigen und der 20 – 39-Jährigen zeigte sich ein annähernd gleiches Verhältnis zwischen einer HWK Fraktur und mehreren HWK Frakturen, bei denen zwei bis sechs HWK frakturiert waren. Während bei den 40-64- Jährigen ein etwas höherer Anteil der einfachfrakturierten HWK vorlag (19 Patienten, 63,3% von allen 40-64-Jährigen), war dieser Anteil deutlich höher bei den über 65-Jährigen (44 Patienten, 72,1% aller  $\geq 65$ -Jährigen). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit höherem Alter mehr Einfach-, als Mehrfachfrakturen vorkommen (Abb. 19).

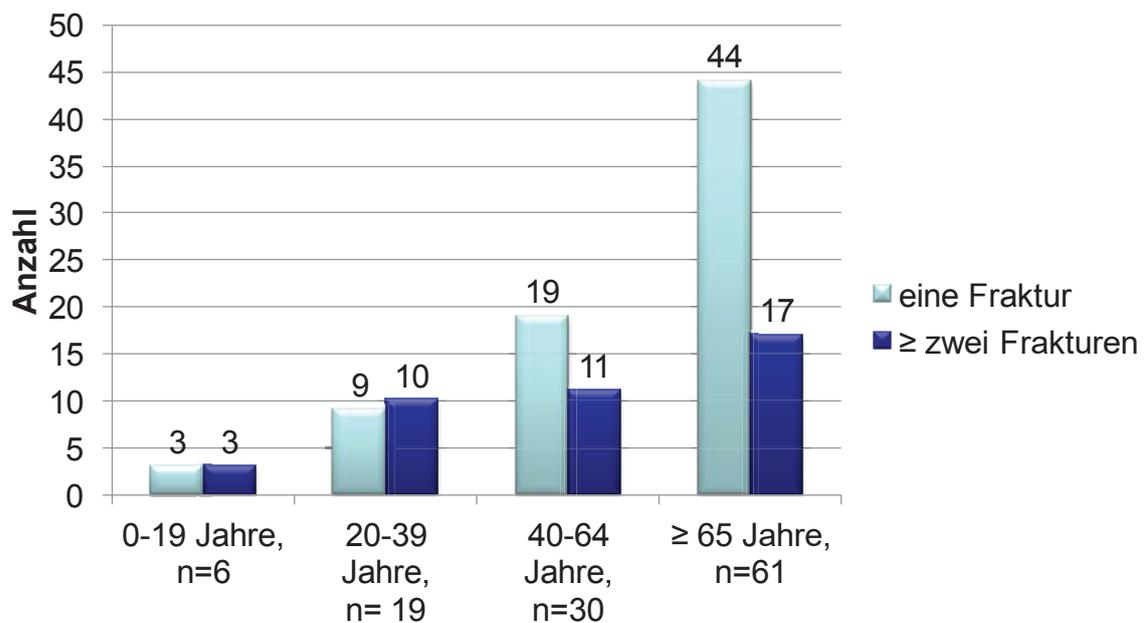


Abb. 19: Verteilung der Anzahl der frakturierten HWK innerhalb der Alterskategorien

### 3.1.6.1.5 Verletzungsklassifikation und Stabilität

Bei der Auswertung des Bildmaterials wurde deutlich, dass viel häufiger instabile als stabile Frakturen vorlagen. Insgesamt waren von 116 HWK Frakturen 112 instabil (87,9%). Die übrigen 4 Frakturen (12,1%) waren stabil. Die Kriterien für das Bewerten der Instabilität sind in 1.4.2 beschrieben. Die Frakturen der oberen HWS wurden wie in 1.4.1 beschrieben nach Gehweiler, Anderson D'Alonzo I-III bzw. Effendi klassifiziert.

Bei den Atlas-Frakturen gab es viermal eine Typ I-Fraktur nach Gehweiler, jeweils einmal eine Typ II- und Typ IV-Fraktur und viermal eine Jefferson-Fraktur, welche dem Typ III der Gehweilerklassifikation entsprach. Eine Typ V-Fraktur kam nicht vor (Abb. 20).

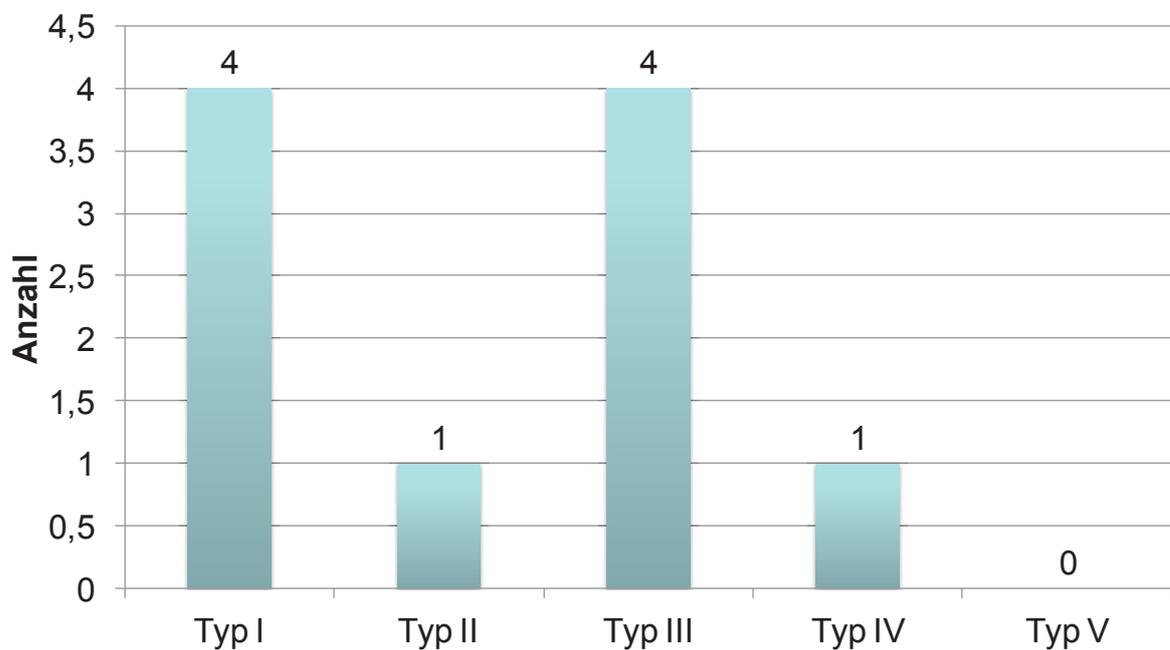
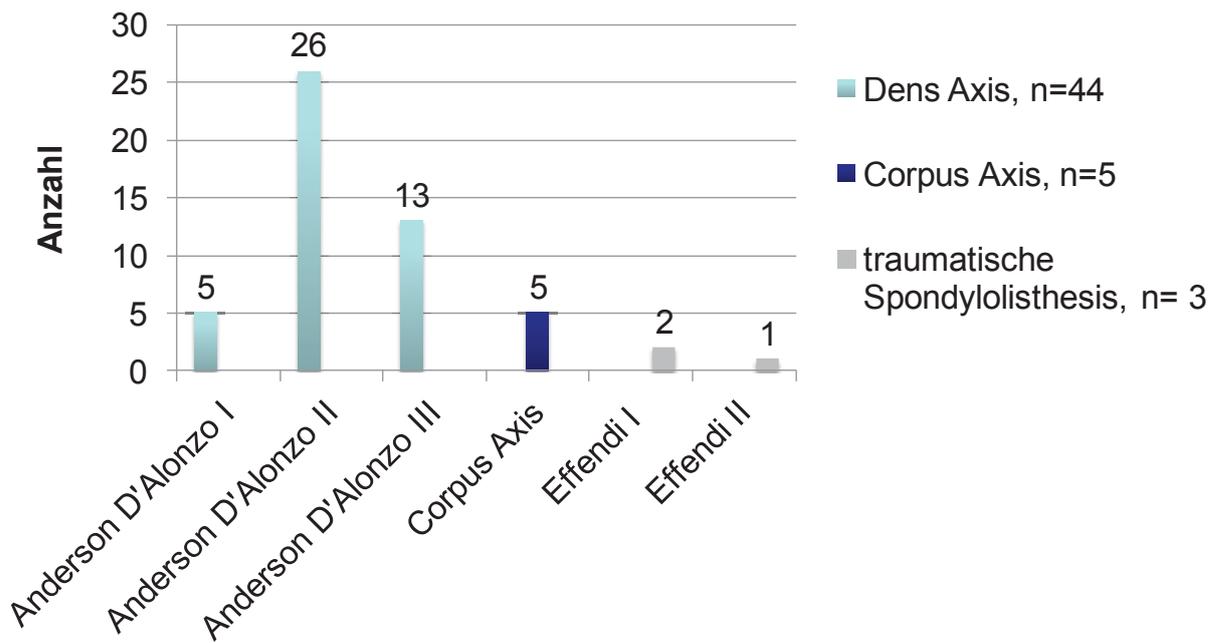


Abb. 20: Frakturen des Atlas –nach Gehweiler-Klassifikation

Bei den Axis-Frakturen lag der Häufigkeitsgipfel mit 44 Patienten (84,6% aller HWK-2 Frakturen) mit großem Abstand bei den Dens Axis Frakturen. Nach der Klassifikation von Anderson D'Alonzo lagen 5 Typ I- 26 Typ II- und 13 Typ III Verletzungen vor. Am zweithäufigsten kam die Corpus Axis Fraktur vor, die bei fünf Verunfallten vorkam (9,6%). Die traumatische Spondylolisthesis C2/C3 des Axis nach Effendi wurde dreimal diagnostiziert (5,8%): zweimal Typ I, einmal Typ II und keinmal Typ III (Abb. 21).



**Abb. 21:** Frakturen des Axis

Für die untere HWS wurde die AO-Klassifikation zur Einteilung der verschiedenen Verletzungstypen angewandt. Abb. 22 zeigt die Verteilung der spezifischen Verletzungsformen: am häufigsten waren die durch Distraction entstehenden Typ B –Verletzungen (26 Patienten, 41,3%), gefolgt von Typ A-Verletzungen (20 Patienten, 31,7%), die insbesondere durch Kompression vordere Anteile der Wirbelsäule betreffen. Am dritthäufigsten waren die durch Rotation entstehenden C-Verletzungen (17 Patienten, 27%). Von den Subtypen lagen am häufigsten die B2-Verletzung mit 18 Patienten (8,3%) vor und bei jeweils 10 Patienten (4,6%) A2 und C2-Verletzungen. Die Verletzung vom Typ C3 kam nicht vor.

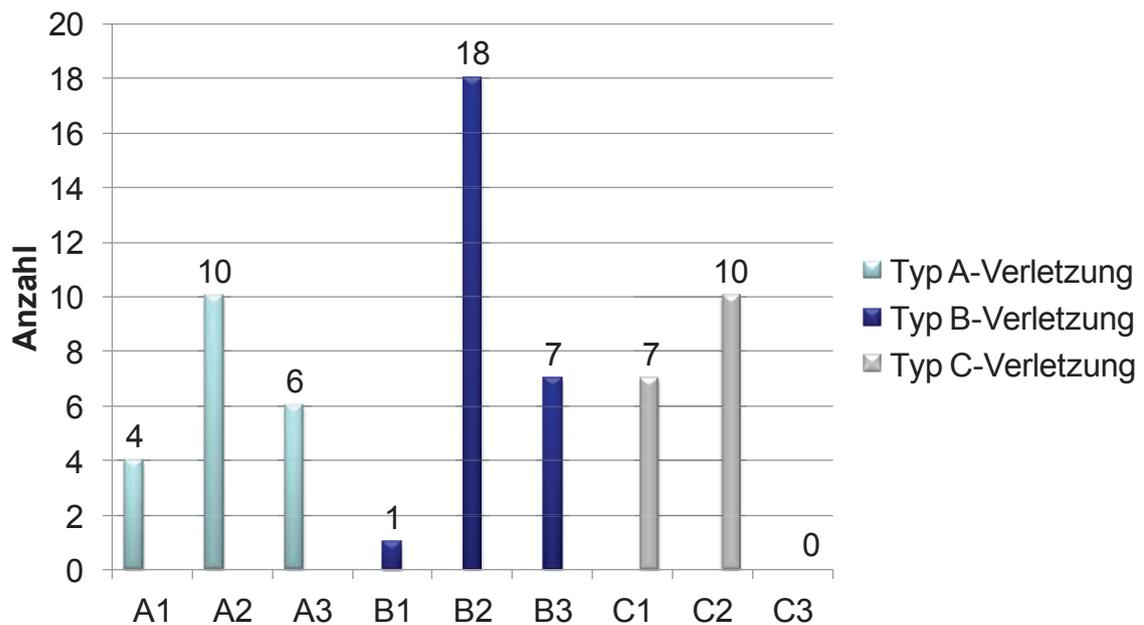


Abb. 22: Verletzungen der unteren HWS nach der AO-Klassifikation

### 3.1.6.2 Rückenmarksverletzung

Ein Drittel der HWS-Verletzten wies eine Rückenmarksverletzung auf (43 Patienten, 33,3%), sodass diese Patienten mit neurologischen Ausfallerscheinungen vorstellig wurden. Die Schweregrade reichten von einer *commotio spinalis* über die *contusio spinalis* bis hin zur schwersten Rückenmarksverletzung der *compressio spinalis*. Die Schweregrade der Rückenmarksverletzung sowie die Arten der neurologischen Ausfälle werden in 3.1.8 genauer erläutert (Abb. 23).

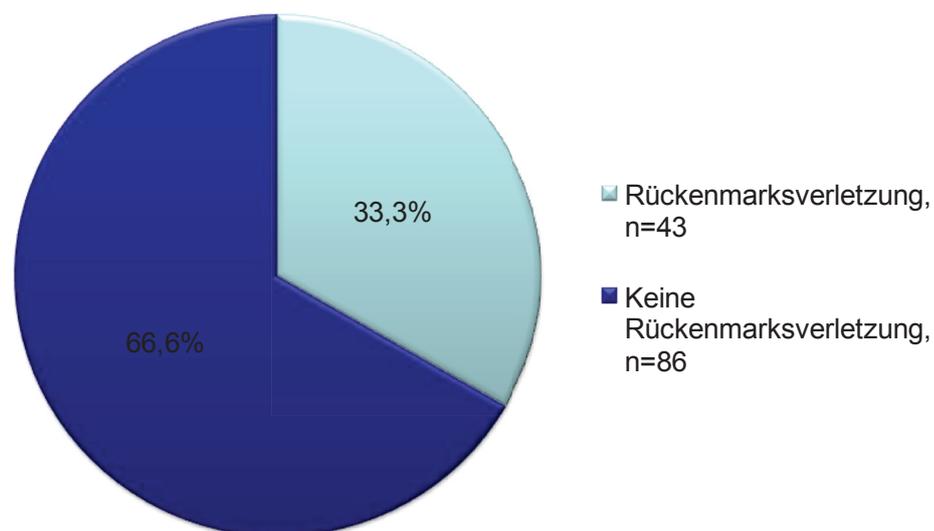


Abb. 23: Häufigkeit von Rückenmarksverletzungen

### 3.1.6.3 Spinalkanalstenose

44 Patienten (34,1%) wiesen eine Spinalkanalstenose auf, welche degenerativer und/oder traumatischer Ursache war. Unter diesen befanden sich deutlich häufiger die relativen Spinalkanalstenosen (Spinalkanalweite <15mm) bei 30 Patienten (68,2%), während die restlichen 14 Patienten (31,8%) eine absolute Stenose (<10mm) aufwiesen (Abb. 24).

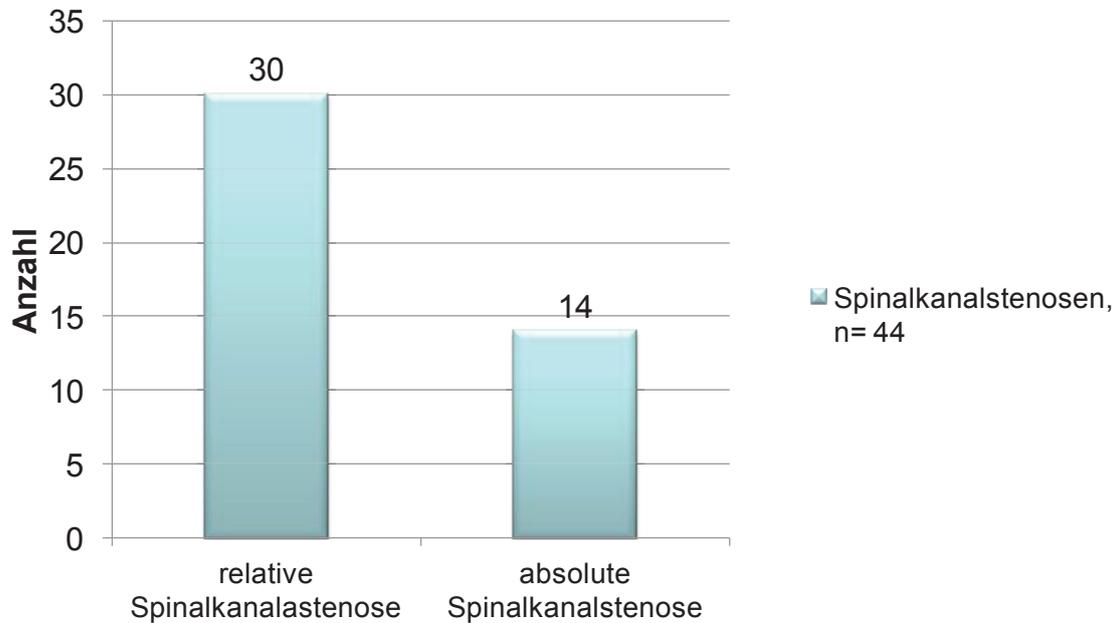


Abb. 24: Anteil relativer und absoluter Spinalkanalstenosen

## 3.1.7 Extraspinale Begleitverletzungen

### 3.1.7.1 Polytraumaanteil und Verletzungsschwere

Unter den 129 Patienten fanden sich 15 Polytraumatisierte (11,6%), bei denen die Einteilung in drei Schweregrade erfolgte. Fünf Patienten erlitten ein Polytrauma I. Grades, sieben ein Polytrauma II. Grades und die restlichen drei waren gemäß ihrem Verletzungsmuster dem Schweregrad III zuzuordnen. Der ISS als Maß für die Verletzungsschwere lag bei den Polytraumapatienten bei durchschnittlich  $27,9 \pm 13,7$  (4-60) (Abb. 25).

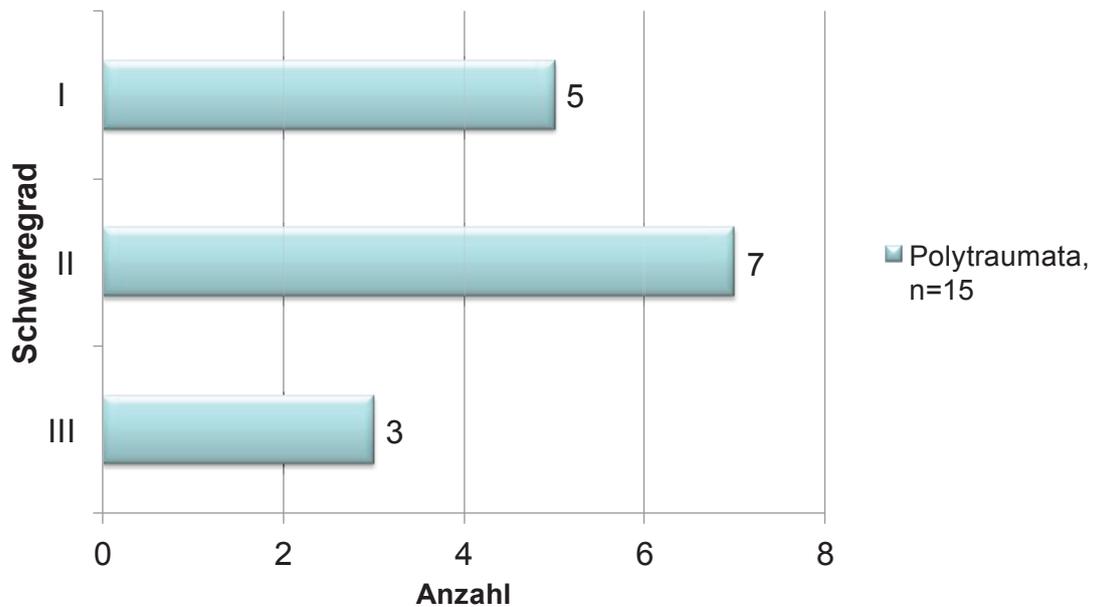


Abb. 25: Schweregradeinteilung der Polytraumata

### 3.1.7.2 Begleitverletzungen der Polytraumata

Je nach Unfallursache und Unfallschwere variierten bei den Polytraumatisierten Anzahl und Ausmaß der Begleitverletzungen. Bei den 15 Patienten wurden folgende Verletzungen festgehalten: 13 oberflächliche Wunden (86,7%), 11 Schädel-Hirn-Traumata (73,7%), 6 knöchernen Thoraxverletzungen wie z.B. Rippenfrakturen (40%), 6 thorakale Organverletzungen wie z.B. Pneumothorax, Hämatothorax, Lungenkontusion (40%), 4 Extremitätenverletzungen z.B. Frakturen (26,7%) sowie 2 abdominelle Verletzungen z.B. Organblutungen (13,3%). Nahezu alle Patienten hatten mehrere Begleitverletzungen, sodass eine Mehrfachnennung gegeben war. Am häufigsten waren die oberflächlichen Wunden gefolgt vom Schädel-Hirn-Trauma, welches bei 11 von 15 Patienten vorlag (Abb. 26).

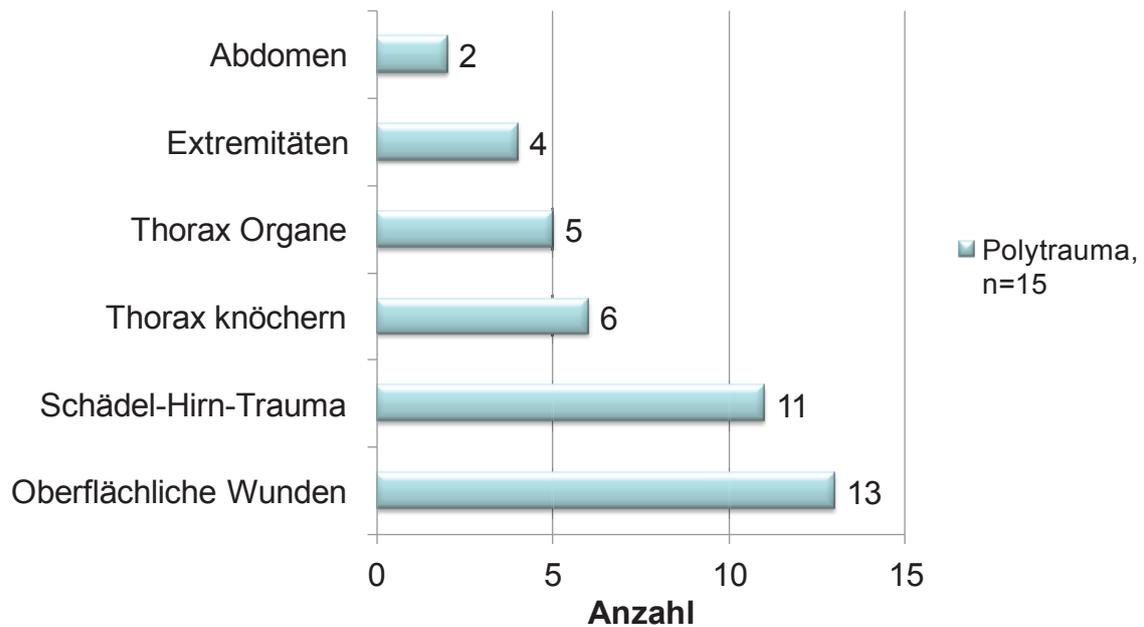


Abb. 26: Begleitverletzungen der Polytraumata

### 3.1.7.3 Schädel-Hirn-Trauma als Begleitverletzung

Dem Schädel-Hirn-Trauma als Begleitverletzung galt eine besondere Aufmerksamkeit, da die Inzidenz auch bei den Nicht-Polytraumata erwartungsgemäß hoch war. Nahezu ein Drittel der 129 Patienten (42 Patienten, 32,6%) erlitt ein begleitendes Schädel-Hirn-Trauma. Anhand des GCS erfolgte die Einteilung in leicht-, mittel- und schwergradiges SHT. Mit großem Abstand lag am häufigsten ein leichtgradiges SHT vor (30 Patienten, 71,4%), 11 Patienten erlitten ein schwergradiges (26,2%) und 2 ein mittelgradiges SHT (2,4%) (Abb. 27).

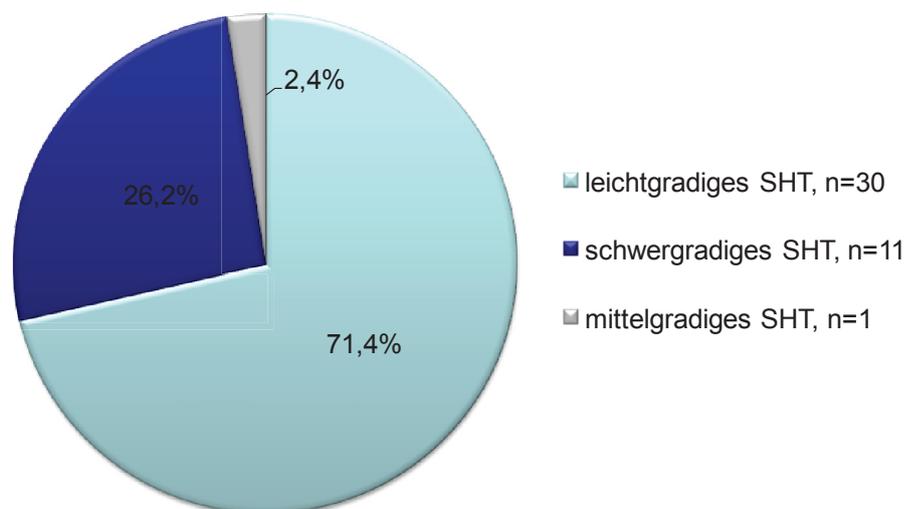


Abb. 27: Schweregradeinteilung der SHT

### 3.1.8 Neurologischer Status

Wie bereits in 3.1.6.2 erwähnt erlitten von allen 129 HWS-Verletzten 43 Patienten (33,3%) eine Rückenmarksverletzung und wurden mit neurologischen Ausfallerscheinungen vorstellig. Die restlichen 86 Patienten (66,7%) waren neurologisch beschwerdefrei. Bei Aufnahme zeigte sich folgende Verteilung der ASIA-Grade: 18 Patienten konnten dem ASIA Grad D zugeteilt werden (42,1%), 8 Patienten dem ASIA Grad C (18,4%) sowie 12 Patienten dem ASIA Grad B (28,9%). Somit erlitten insgesamt 28 Patienten (89,4%) eine inkomplette Rückenmarksverletzung. Ein komplettes Querschnittssyndrom (ASIA A) konnte bei 5 Patienten (10,5%) beobachtet werden (Abb. 28).

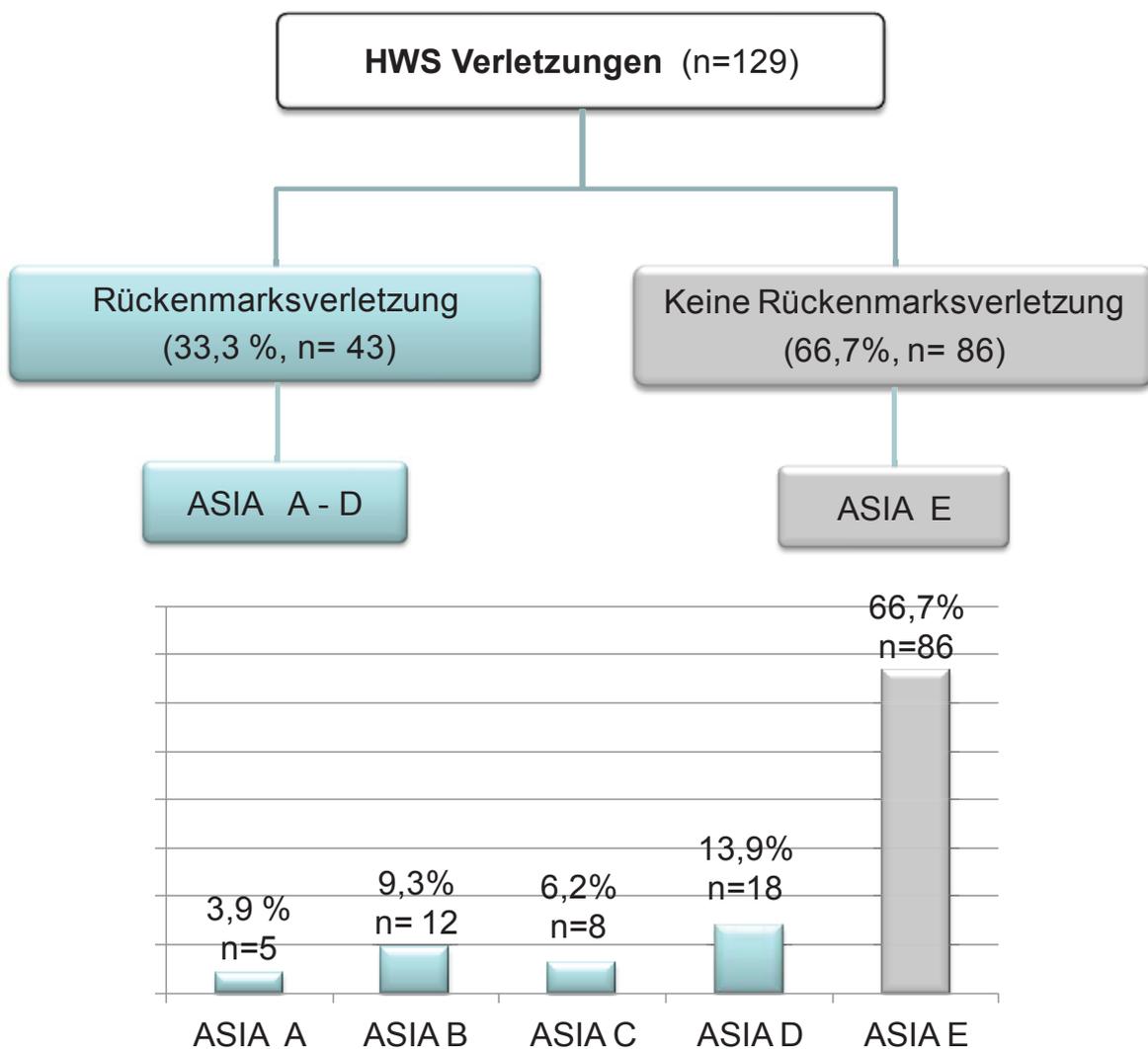
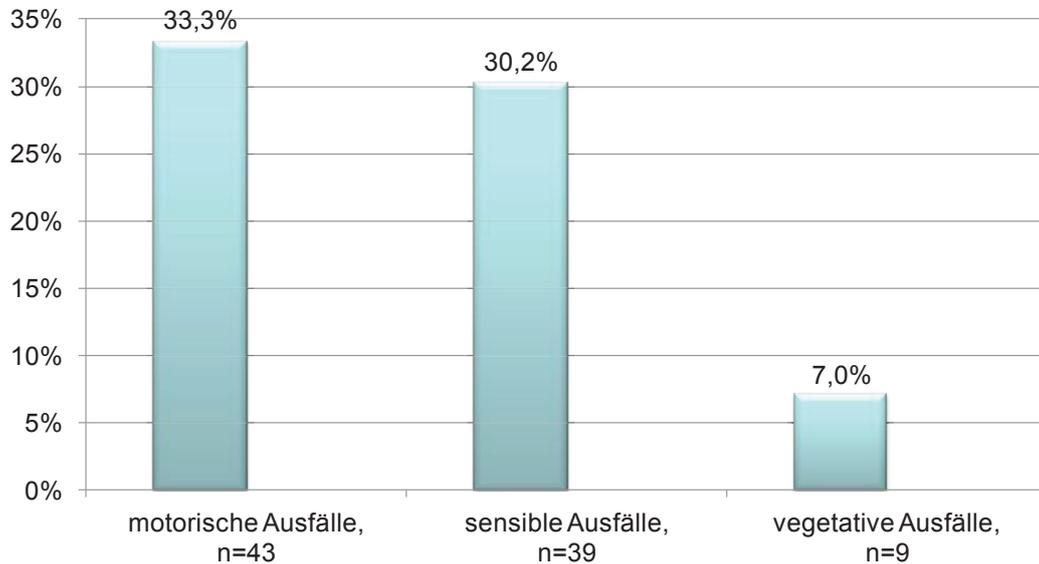


Abb. 28: Neurologischer Status bei Aufnahme nach ASIA

Von den 129 HWS Verletzten erlitten 43 Patienten (33,3%) motorische Ausfälle. 39 Patienten wiesen ein sensibles Defizit auf (30,2%), wobei es sich um Hypästhesien oder Dysästhesien handelte. Vegetative Ausfälle wie Blasenmastdarmstörungen konnten bei sieben Patienten beobachtet werden (Abb. 29).



**Abb. 29:** Art und Häufigkeit der neurologischen Defizite

Die Entwicklung der neurologischen Symptomatik wurde zu zwei Zeitpunkten festgehalten: zur Entlassung und zum Zeitpunkt der letzten dokumentierten Nachuntersuchung, die im Mittel 9,4 Monate  $\pm$ 11,5 betrug. Die kürzeste Nachuntersuchungszeit betrug 1 Monat, die längste 64 Monate (5,3 Jahre). Zum Zeitpunkt der Entlassung erfuhr 9 Patienten (20,9%) eine komplette Erholung der neurologischen Symptomatik, während bei 17 Patienten (39,5%) keine Verbesserung beobachtet werden konnte. Die restlichen 17 Patienten (39,5%) verbesserten sich: 9 (20,9%) davon verbesserten sich um einen ASIA Grad und weitere 8 (18,6%) um 2 ASIA Grade. Festzuhalten ist, dass bei 60,5% aller Patienten mit neurologischen Ausfällen zum Entlassungszeitpunkt eine Verbesserung zu vernehmen war. Im Zeitraum von der Entlassung bis zur letzten Nachuntersuchung konnten sich 18 Patienten (41,9%) komplett erholen, 9 Patienten (20,9%) verbesserten sich um einen ASIA Grad, 5 Patienten (11,6%) verbesserten sich um 2 ASIA Grade und der Anteil an Patienten mit derselben Symptomatik ohne Verbesserung betrug 25,6% (11 Patienten). Es konnte festgestellt werden, dass nach durchschnittlichen 8 Monaten nach dem Unfall 33 von 43 neurologisch auffälligen Patienten (74,4%) eine Verbesserung erfuhr (Abb. 30).

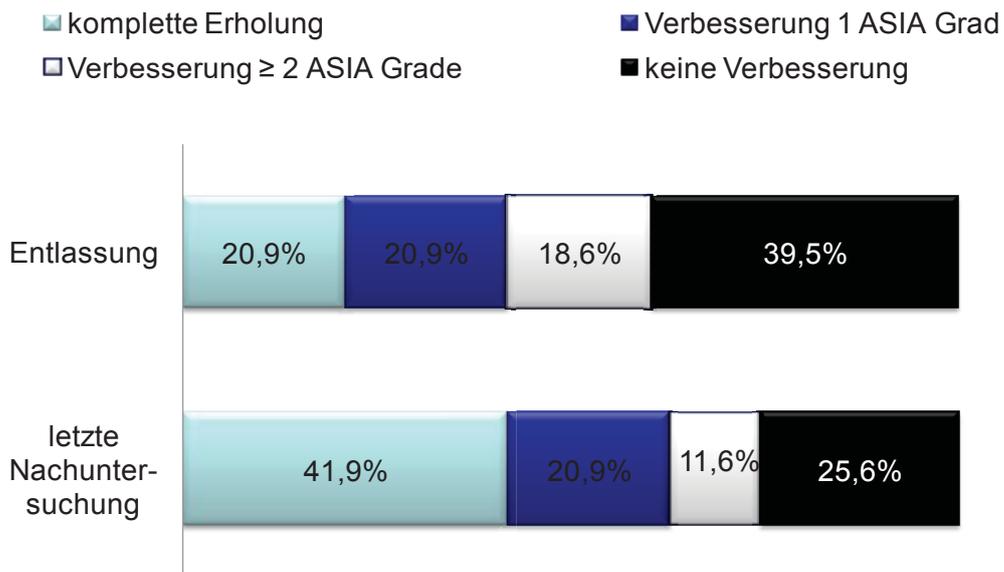
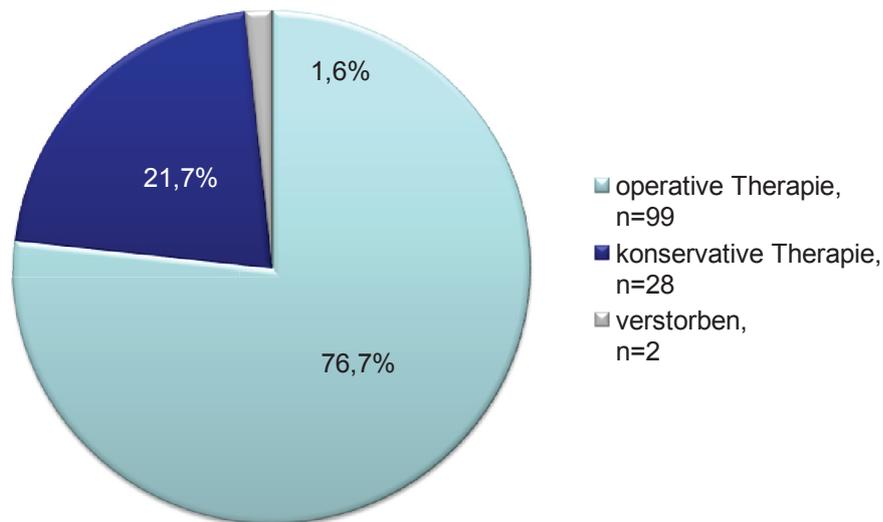


Abb. 30: Neurologisches Outcome zur Entlassung und zur letzten Nachuntersuchung

### 3.1.9 Therapie

#### 3.1.9.1 Therapieart

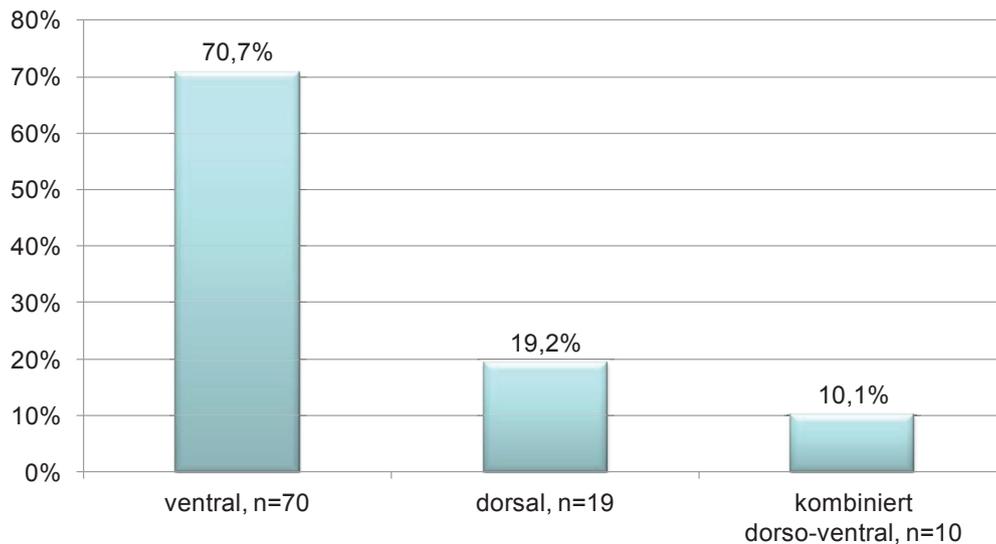
Von den 129 HWS-Verletzten erfolgte bei 99 Patienten (76,7%) eine operative Behandlung, während die restlichen 28 Patienten (21,7%) eine konservative Therapie erfuhren. Zwei Patienten (1,6%) verstarben während des stationären Aufenthaltes bevor es zu einer Therapie kam. Zur konservativen Therapie gehörte z.B. das Tragen einer Philadelphia-Halskrawatte, einer Minerva-Orthese oder auch die Anlage eines Halo-fixateurs (Abb. 31).



**Abb. 31:** Anteil operativer und konservativer Therapie der HWS-Verletzten

### 3.1.9.2 Zugangswege

Bei 70 Patienten (70,7%) der insgesamt 99 operativ Versorgten erfolgte intraoperativ ein rein ventrales Vorgehen, welches mit Abstand dem häufigsten Zugangsweg entsprach. In 19 Fällen (19,2%) wurde ein rein dorsaler Zugangsweg gewählt. Die Mehrheit der dorsalen Operationsverfahren (68,4%, 13 Patienten) fand Anwendung bei Verletzungen der oberen HWS. Hierunter fanden sich insbesondere komplexe Densfrakturen mit oder ohne Kombination einer Axiskörperfraktur (9 Patienten), kombinierte komplexe HWK1 und HWK 2 Frakturen (3 Patienten) sowie eine isolierte instabile HWK 1 Fraktur. Bei den 6 von 19 Patienten (31,6%), die im Bereich der unteren HWS eine dorsale Operationstechnik erfuhren, lag bei 4 der 6 Patienten eine Mehretagenfraktur vor, bei einem Patienten eine hochgradige Spinalkanalstenose auf Höhe HWK 2 – HWK 7 und bei dem anderen Patienten eine instabile HWK 3 Fraktur. Ein kombiniert dorsoventraler Zugang war in 10 Fällen (10,1%) erforderlich und erfolgte bei 7 der 10 Patienten einzeitig innerhalb einer Operation, bei den restlichen 3 Patienten zweizeitig (Abb. 32).



**Abb. 32:** Art des Zugangsweoges

### 3.1.9.3 Eingriffsart

An oberer sowie unterer HWS kamen verschiedene Behandlungsmethoden zum Einsatz. Darunter fanden sich ventrale (51 Patienten, 51,5%) und dorsale (29 Patienten, 29,3%) Spondylodesen mittels Schrauben-Platten-Systemen bzw. Schrauben-Stab-Systemen, der Einsatz von Denszugschrauben (27 Patienten, 27,3%) sowie Massa-lateralis-Schrauben (2 Patienten, 2,0%). Bei den ventralen Spondylodesen erfolgte oftmals ein Ersatz der frakturierten Wirbelkörper oder mitverletzten Bandscheiben durch Einbringen von Interponaten. Dabei handelte es sich beim Wirbelkörperersatz um autologen Knochenpan oder Titancages und beim Bandscheibenersatz um einen autologen Knochenblock oder Kunstmaterial. Die anschließende Tabelle 10 zeigt die Verteilung der eingebrachten Interponate mit absoluten und relativen Häufigkeiten auf. Am häufigsten erfolgte der Einsatz von Titan-Cages (22 Patienten, 43,1%). Bei fünf Patienten lagen keine Informationen zu eingebrachten Interponaten vor.

## Interponate bei ventralen Spondylodesen

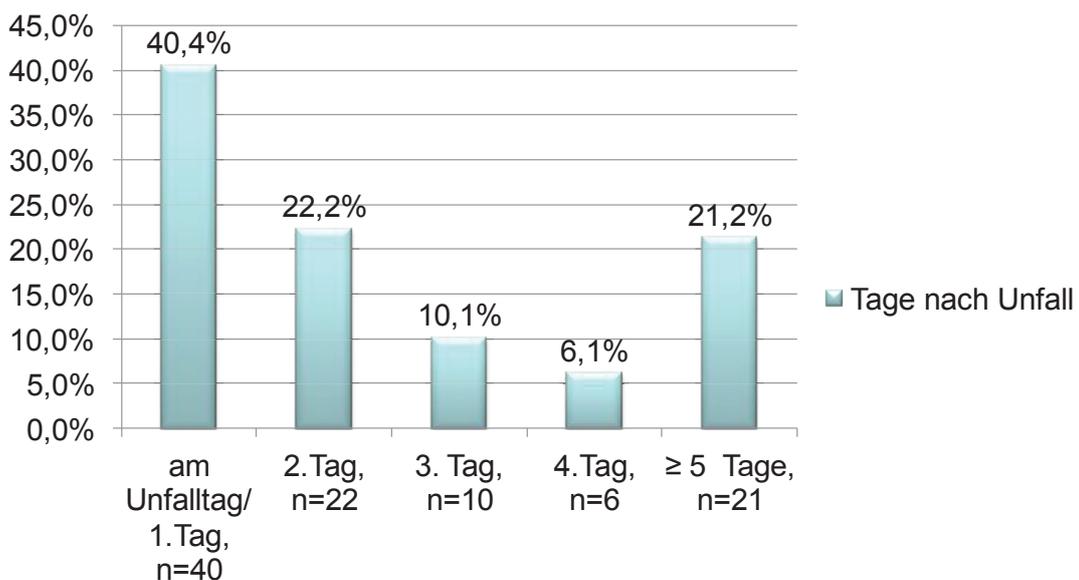
	n	%
Wirbelkörperersatz durch Titan-Cage	22	43,1
Wirbelkörperersatz durch autologen Knochenspan	6	11,8
Bandscheibenersatz durch autologen Knochenspan	12	23,5
Bandscheibenersatz durch Kunststoffmaterial	6	11,8
Unbekannt	5	9,8

**Tabelle 10:** Art von Interponaten bei ventralen Spondylodesen, n= 51

### 3.1.9.4 Operationszeitpunkt

Der Operationszeitpunkt entspricht dem Zeitraum zwischen Unfall und operativer Versorgung der HWS-Verletzung und wurde in Tagen angegeben.

40 der 99 Patienten (40,4%) wurden am Unfalltag bzw. einen Tag nach dem Trauma operiert, 22 Patienten am 2. Tag (22,2%), zehn Patienten am 3. Tag (10,1%), sechs Patienten am 4. Tag (6,1%) und 21 Patienten am 5. Tag oder später (21,2%). Im Mittel erfolgte der erste Eingriff am 3.Tag ( $3,4 \pm 4,4$ ; Median 2). Bei einer Patientin lagen 25 Tage zwischen Unfall und Operation, da sie ein operatives Vorgehen bei einer Dens Axis-Fraktur zunächst ablehnte, aber aufgrund einer progredienten Schmerzsymptomatik erneut stationär vorstellig wurde (Abb. 33).



**Abb. 33:** Operationszeitpunkt

### **3.1.10 Begleiterkrankungen**

Da ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Arbeit darin liegt die gesundheitsbezogene Lebensqualität nach HWS Verletzungen zu erfassen, wurde ein Augenmerk darauf gelegt Vorerkrankungen mitzuerfassen, insbesondere chronische Erkrankungen, die zu einer schlechteren Lebensqualität beitragen könnten. Von allen 129 HWS-Verletzten wurden bei mehr als der Hälfte (68 Patienten, 52,7%) Begleiterkrankungen dokumentiert. Bei den restlichen 61 Patienten konnten über die Patientenakte darüber keine Information gewonnen werden, sodass von einem minimalen Anteil von 68 Patienten (52,7%) mit begleitenden Erkrankungen ausgegangen werden muss, der wahre Anteil aber durchaus höher sein könnte. Bei der Angabe der Erkrankungen war eine Mehrfachnennung möglich, sodass absolute Häufigkeiten angegeben wurden. Am häufigsten kamen Herz-Kreislauf-Erkrankungen vor (52 Patienten, 76,5%), gefolgt von ZNS-Erkrankungen (24 Patienten, 35,3%). Abb. 34 zeigt die Verteilung der restlichen dokumentierten Erkrankungen.

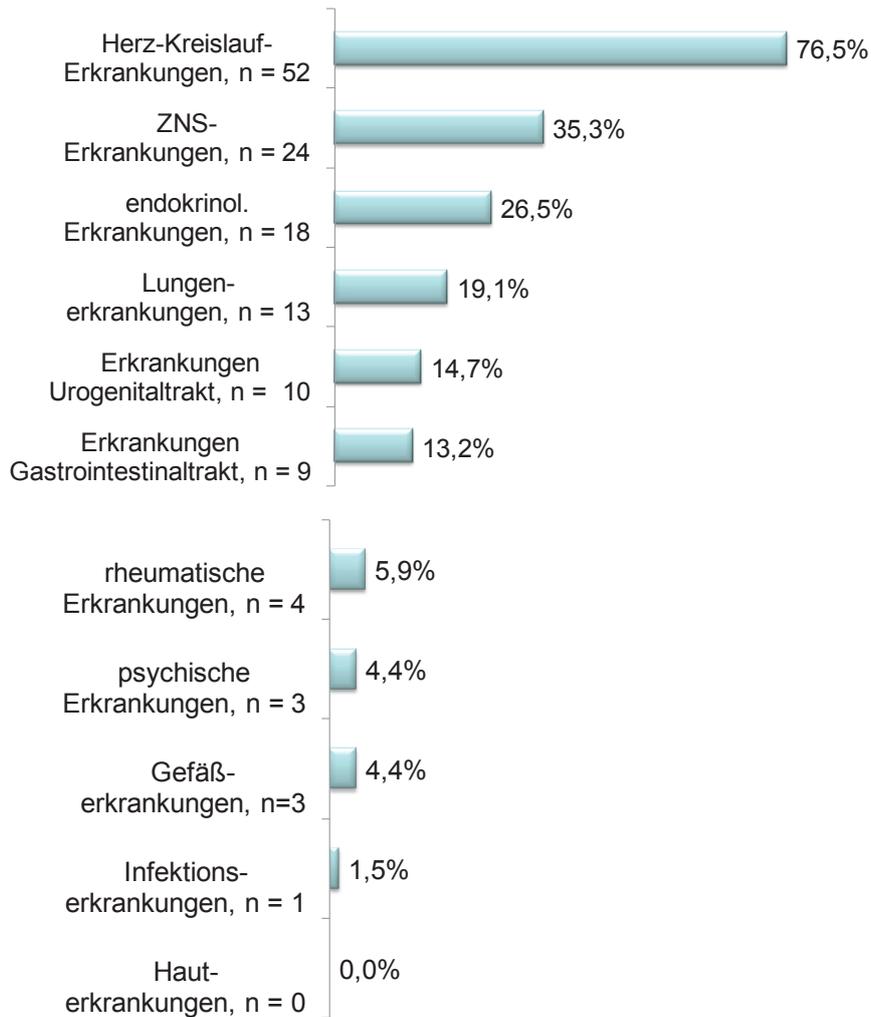


Abb. 34: Häufigkeit der Begleiterkrankungen

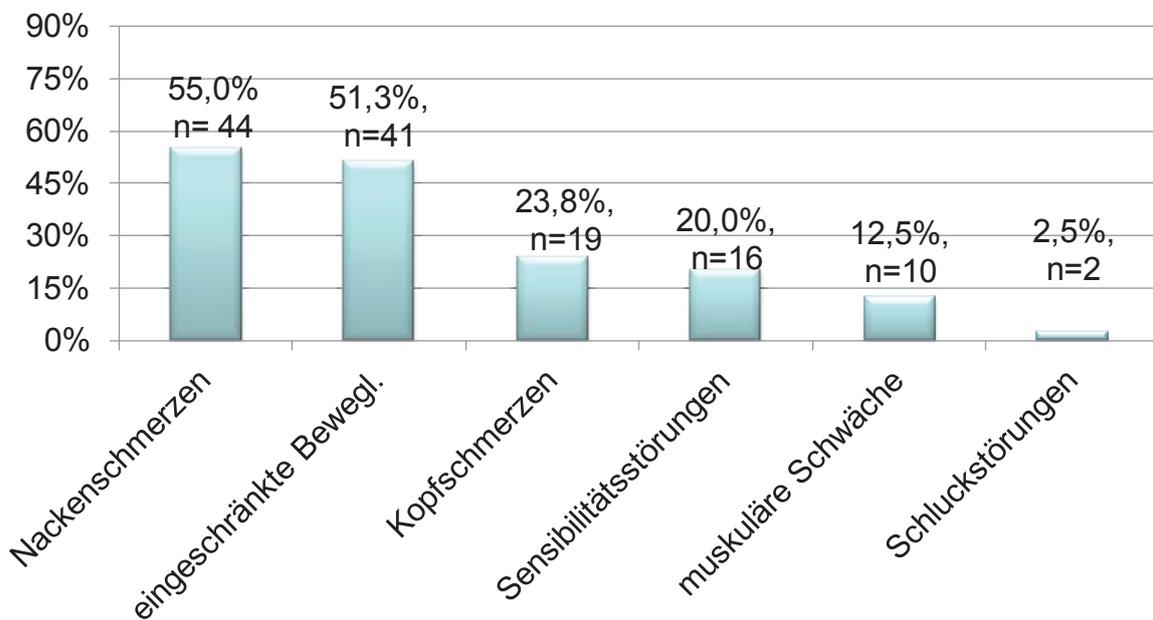
### 3.1.11 Subjektives Beschwerdebild

Die Patienten wurden neben der Beantwortung der SF-36 Fragen darum gebeten, anzugeben, ob spezifische Beschwerden bestünden. Wenn dies der Fall war, so konnte angekreuzt werden bzw. aufgeschrieben werden welche Art von Beschwerden vorlagen. Hier war uns wichtig zu erfahren, wie groß der Anteil an Patienten war, die weiterhin Beschwerden beklagten.

61 von 80 Patienten (76,3%) gaben an, seit der HWS-Verletzung an einer der folgenden Beschwerden zu leiden: Nackenschmerzen, Nackensteife, eingeschränkte Beweglichkeit der HWS, Kopfschmerzen, Sensibilitätsstörungen, muskuläre Schwäche sowie

Schluckstörungen. Es war eine Mehrfachnennung der Beschwerden gegeben, sodass im Folgenden absolute Häufigkeiten angegeben werden.

Am häufigsten wurden Nackenschmerzen (44 Patienten, 55,0%) beklagt, dicht gefolgt von der Angabe einer eingeschränkten Beweglichkeit der HWS (41 Patienten, 51,3%). Kopfschmerzen wurden von 19 Patienten angegeben (23,8%), sensible Defizite von 16 Patienten (20,0%) und muskuläre Schwächen von 10 Patienten (16,4%). Insgesamt zwei Patienten gaben Schluckbeschwerden an. Diese beiden erfuhren eine operative Therapie bei einer dislozierten Densfraktur mit der Anlage einer Denszugschraube (Abb. 35). Es ist nicht auszuschließen, dass die angegebenen Symptome auf andere Erkrankungen zurückzuführen waren.



**Abb. 35:** Subjektives Beschwerdebild nach HWS Verletzung

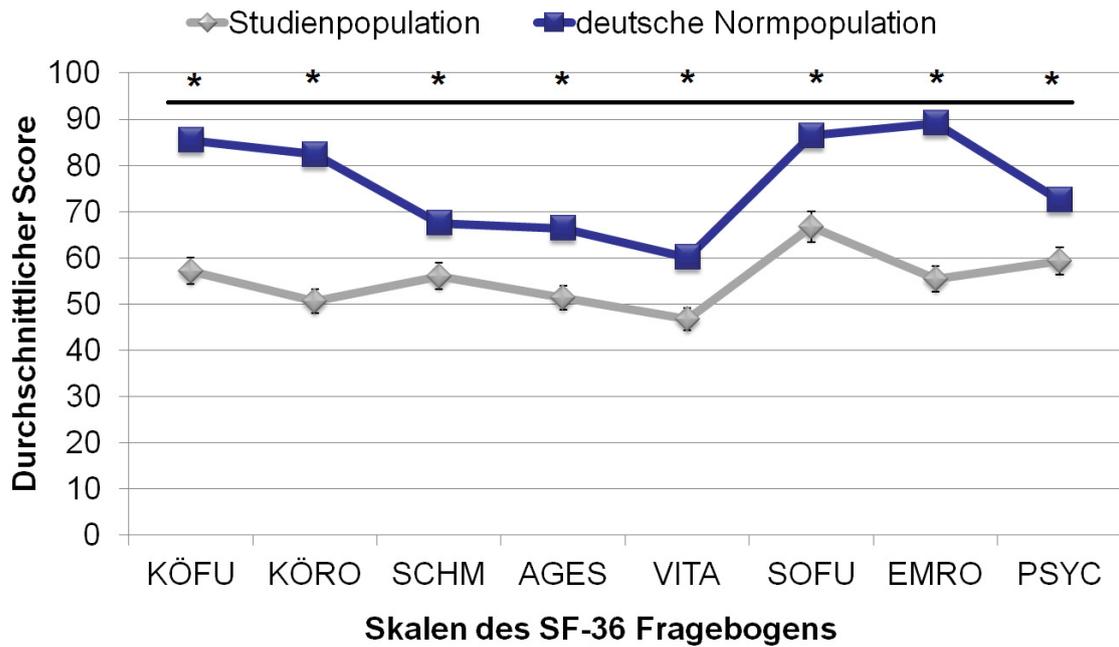
## **3.2 Gesundheitsbezogene Lebensqualität mittels SF-36**

Bei der vorliegenden Studienpopulation von 129 Patienten wurden die 29 verstorbenen Patienten ausgenommen und der Fragebogen an die restlichen 100 Patienten verschickt. Von den 100 verschickten Fragebögen wurden 71 schriftlich beantwortet und zurückgesandt, darunter drei Tetraplegiker, die unter Zuhilfenahme den Bogen ausfüllen ließen. Es fanden neun Telefoninterviews statt. Von den restlichen 20 Patienten antworteten 15 trotz mehrmaliger Aufforderung nicht, 3 waren verzogen und 2 lehnten eine Teilnahme ab. Zusammenfassend belief sich die Antwortquote auf 80,0% (80 Antworten von 100 verschickten Fragebögen). Der durchschnittliche Zeitraum zwischen dem HWS-Trauma und dem Beantworten des Fragebogens lag bei 56,4 Monaten (4,7 Jahre)  $\pm$ 23,6 Monate (Median 52 Monate). Der kürzeste Zeitraum lag bei 18 Monaten (1,5 Jahre) und der längste bei 96 Monaten (8 Jahre). Im Folgenden werden die Werte der Skalen und Summenscores des SF-36 Fragebogens als Mittelwert angegeben, der je höher er ist mit einer umso höheren Lebensqualität bewertet wird.

### **3.2.1 SF-36 Fragebogen: Vergleich von Gesamtstudien- und Normpopulation**

Zunächst wurde die eigene Studienpopulation mit einer gesunden und standardisierten deutschen Bevölkerungsgruppe verglichen. Die Datengrundlage hierfür bildeten die vom Bundes-Gesundheitssurvey 1998 veröffentlichten und an einer repräsentativen deutschen Stichprobe normierten Werte.

Der Vergleich der beiden Populationen zeigt, dass die hier untersuchte Studienpopulation (n=80) in allen Skalen des SF-36 Fragebogens deutlich niedrigere Werte aufwies als die deutsche Normpopulation (Abb. 36). In allen acht Skalen des SF-36 waren die Unterschiede zwischen HWS-Verletzten und der Normpopulation signifikant. Am ausgeprägtesten waren die Unterschiede in den Skalen „Emotionale Rollenfunktion“, „Körperliche Rollenfunktion“ und „Körperliche Funktionsfähigkeit“. Hier erzielten die Patienten Werte, die 33,7% (EMRO), 32% (KÖRO) bzw. 28% (KÖFU) unter denen der Normpopulation lagen (Differenz der Mittelwerte). In den restlichen Skalen zeigten sich geringere Unterschiede von 16% bis 22% reichend.



**Abb. 36:** Lebensqualität nach SF-36 - Gesamtkollektiv vs. Deutsche Normpopulation, \* = hochsignifikant,  $p \leq 0,01$

Ebenso wurden für die Gesamtstudienpopulation die beiden Summenscores bestimmt, die sich jeweils aus vier der acht Skalen zusammensetzen: der körperliche Summenscore (PCS) betrug  $41,07 \pm 11,97$  und der psychische Summenscore (MCS) betrug  $39,54 \pm 14,18$ . Die statistische Auswertung mittels T-Test zeigte, dass beide Summenscores jeweils hoch signifikant vom Normwert 50 der Normpopulation abwichen ( $p \leq 0,01$ ). Der PCS und MCS innerhalb des Patientenkollektivs waren annähernd gleich hoch (Abb. 37).

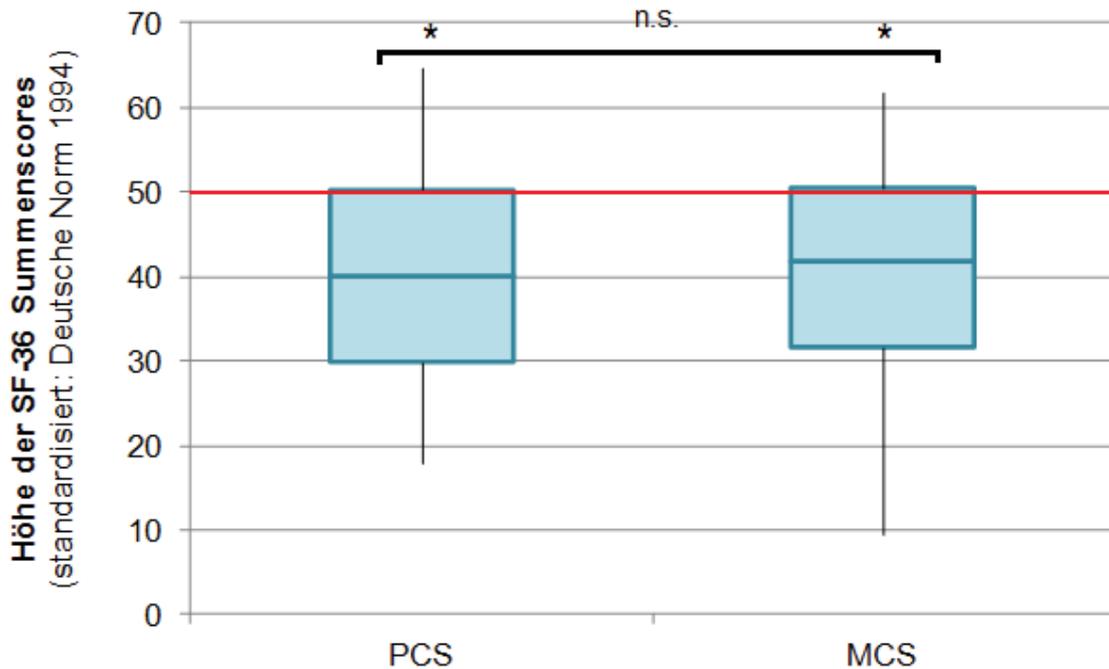


Abb. 37: Vergleich PCS und MCS (standardisiert: deutsche Norm 1994) der Gesamtpopulation (rote Linie markiert den Normwert 50, n.s. = nicht signifikant, \* = hochsignifikant,  $p < 0,01$ )

## 3.2.2 Analyse des Einflusses verschiedener Merkmale auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität

### 3.2.2.1 Analyse des Einflussfaktors Patientenalter

Das Patientenkollektiv, dessen Fragebögen ausgewertet worden sind, wurde daraufhin untersucht, ob das Alter, in dem die HWS Verletzung auftrat, einen direkten Einfluss auf die Entwicklung der Lebensqualität hatte. Das mittlere Alter dieser Patienten betrug  $53,9 \pm 21,04$  Jahre, der jüngste Patient war 14 und der älteste 89 Jahre alt. Abb. 38 stellt die acht Skalen des SF-36 in Abhängigkeit von vier verschiedenen Altersgruppen dar. Es fällt auf, dass die Altersgruppe der  $\geq 65$ -Jährigen durchweg in allen Skalen des SF-36 die niedrigsten Skalenwerte erzielte. Außerdem zeigte sich, dass insbesondere in den vier Skalen der körperlichen Gesundheit (KÖFU, KÖRO, SCHM, AGES) je jünger die Patienten sind die Skalenwerte umso höher sind. Diese Beobachtung lockert sich im Bereich der Skalen der psychischen Gesundheit (VITA, SOFU, EMRO, PSYC) auf: neben einigen Ausreißern (EMRO) zeigten die Kurvenverläufe aber dennoch tendenziell höhere Werte für die jüngeren Altersgruppen an (Abb. 38).

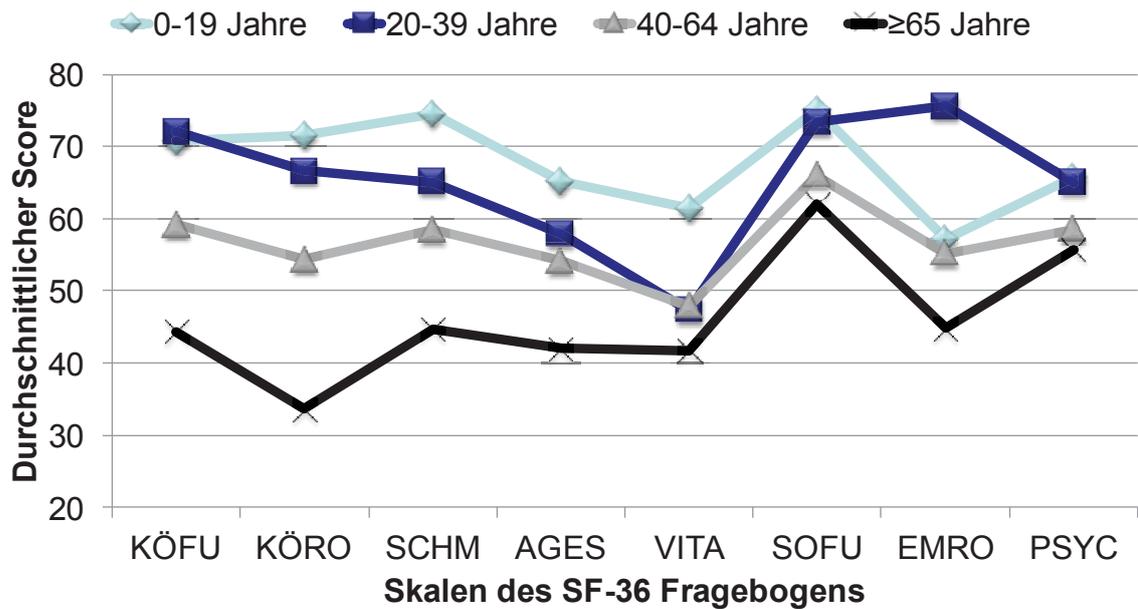
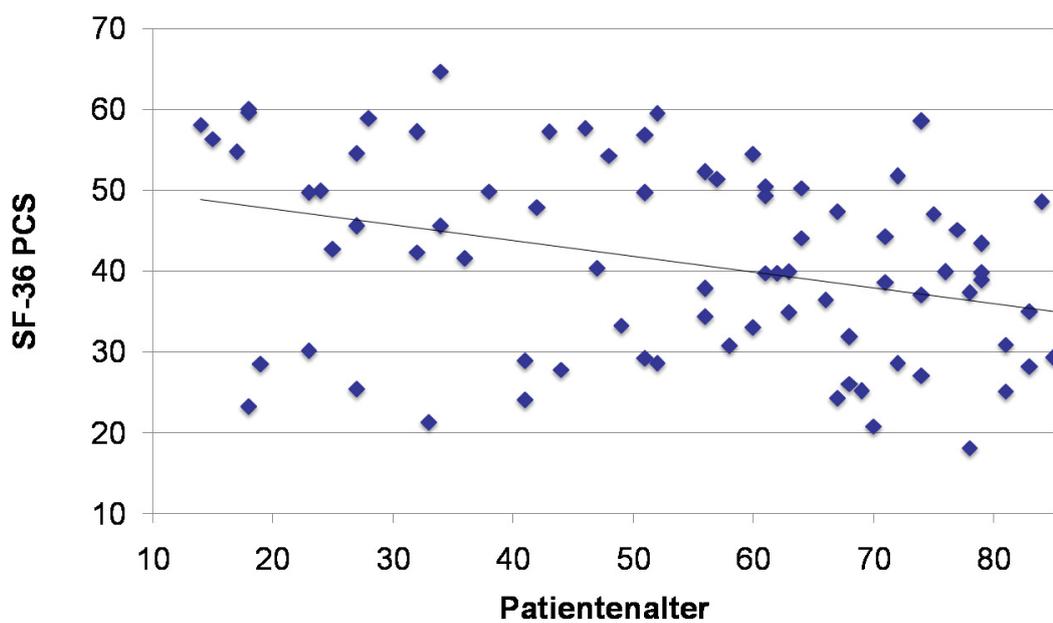
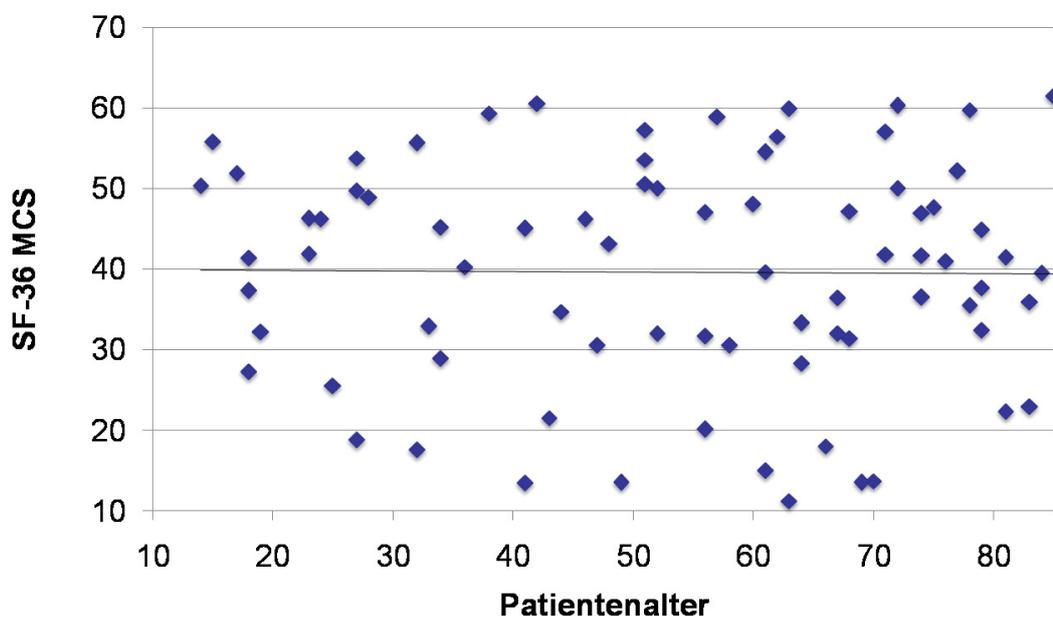


Abb. 38: Lebensqualität nach SF-36 in verschiedenen Altersgruppen

Die beiden Summenscores PCS und MCS wurden auf eine mögliche Korrelation mit dem Patientenalter untersucht. Für die körperliche Gesundheit konnte ein höchst signifikanter Zusammenhang zum Patientenalter ermittelt werden ( $p \leq 0,01$ ), für die psychische Gesundheit ergab sich dieser nicht ( $p = 0,356$ ). Abb. 39 und Abb. 40 zeigen die entsprechenden Diagramme.



**Abb. 39:** Körperlicher Summenscore (PCS) des SF-36 in Abhängigkeit zum Patientenalter, höchst signifikant,  $p \leq 0,001$



**Abb. 40:** Psychischer Summenscore (MCS) des SF-36 in Abhängigkeit zum Patientenalter, nicht signifikant

### 3.2.2.2 Analyse des Einflussfaktors Geschlecht

Erwartungsgemäß zeigte sich, dass sowohl die Kurven der weiblichen als auch männlichen Studienpopulation in allen Skalen des SF-36 Fragebogens unter der Kurve der Normpopulation lagen (Abb. 41 und Abb. 42). Vergleicht man die Kurven der weiblichen und männlichen Studienpopulation zeigten sich keine nennenswerten Unterschiede mit Ausnahme der Skala „Körperliche Rollenfunktion“, die bei den Frauen um etwa 20,8% niedriger lag als bei den Männern. Dieser Unterschied war nicht signifikant. Der restliche Kurvenverlauf der weiblichen und männlichen Studienpopulation war nahezu identisch.

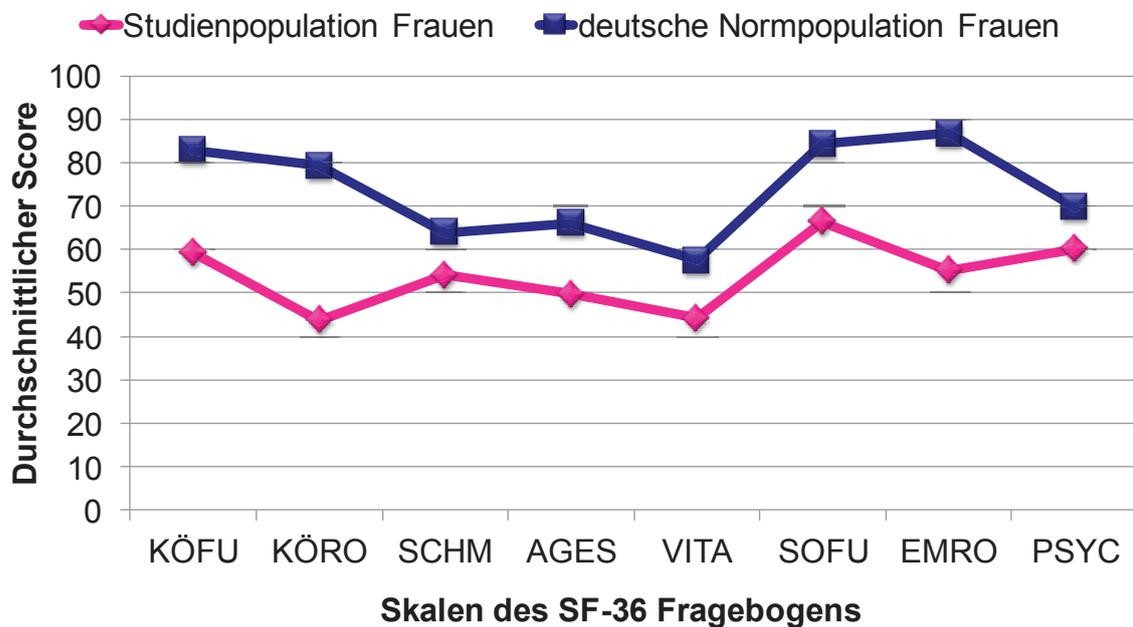
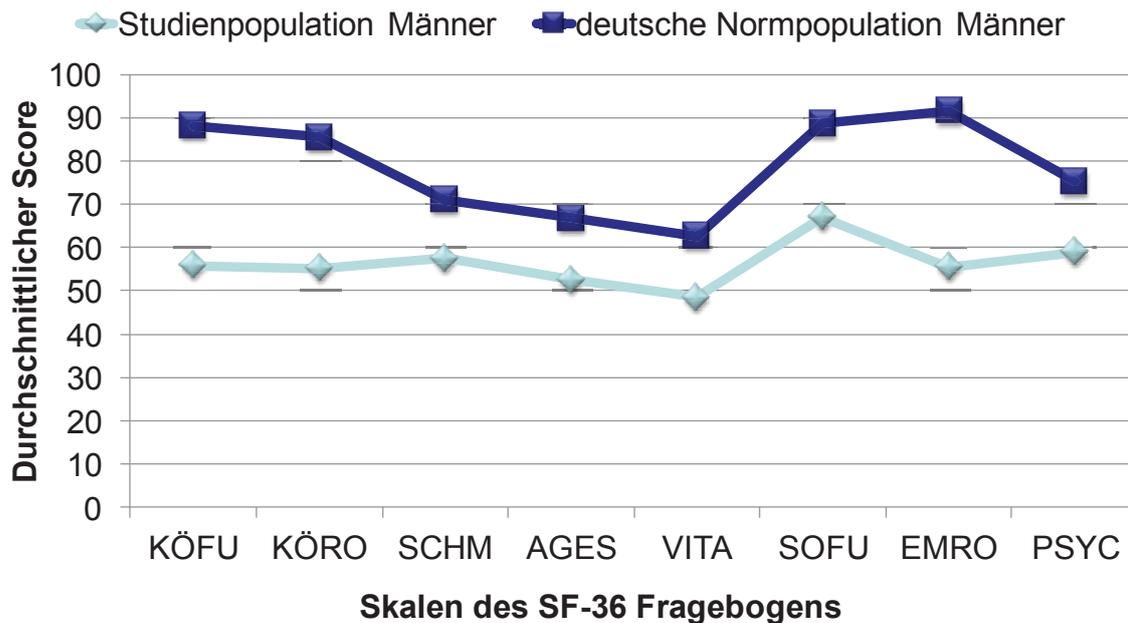


Abb. 41: Lebensqualität nach SF-36 - Skalen der weiblichen Studien- und Normpopulation, Unterschiede nicht signifikant



**Abb. 42:** Lebensqualität nach SF-36 - Skalen der männlichen Studien- und Normpopulation, Unterschiede nicht signifikant

Ebenso wurden die beiden Summenscores PCS und MCS auf geschlechtsspezifische Unterschiede untersucht. Sowohl zwischen Geschlecht und PCS als auch Geschlecht und MCS konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ( $p=0,588$  für PCS,  $p=0,973$  für MCS).

### 3.2.2.3 Analyse des Einflussfaktors Verletzungsart

Es ist festzuhalten, dass die HWS-Verletzten im Vergleich zur deutschen Normpopulation eine reduzierte gesundheitsbezogene Lebensqualität angaben. Interessant war für uns zu erfahren, wie sich die Skalenwerte und Summenscores in verschiedenen Gruppen verhielten. Dafür teilten wir die Studienpopulation, deren Fragebögen ausgewertet worden sind je nach Verletzungsmuster in drei Subpopulationen auf: Patienten mit einer isolierten HWS-Verletzung ( $n=55$ ), Patienten mit einer HWS-Verletzung und einem begleitenden SHT ( $n=16$ ) sowie Patienten, die ein Polytrauma erlitten ( $n=9$ ). Für alle Subpopulationen wurden sowohl die Skalenwerte als auch die Summenscores mit der Normpopulation verglichen und miteinander korreliert.

Abb. 43 zeigt, dass die Subpopulation der HWS-Verletzten mit SHT die niedrigsten Skalenwerte erzielten und die größte Abweichung von der Subpopulation des isolierten HWS-Traumas aufwiesen. Die Abweichungen betrafen v.a. die Skalen „Körperliche Funktionsfähigkeit“ (Einbußen von etwa 32% zur Population der isolierten HWS-Verletzung) und „Emotionale Rollenfunktion“ (Einbußen von 34%), allerdings waren diese

nicht signifikant. Der Kurvenverlauf der isolierten HWS-Verletzten und der Polytraumatisierten war im Bereich der psychischen Gesundheit nahezu identisch, während in den Kategorien der körperlichen Gesundheit durchweg niedrigere Skalenwerte bei den Polytraumatisierten zu beobachten waren. Eine Korrelation für die niedrigeren Skalenwerte der körperlichen Gesundheit konnte nicht ermittelt werden. Weder für PCS noch für MCS konnte eine Korrelation zwischen den Werten der Subpopulation mit isoliertem HWS-Trauma und der Vergleichsgruppe der HWS-Verletzten mit SHT bzw. der Vergleichsgruppe der Polytraumatisierten festgestellt werden (Abb. 44).

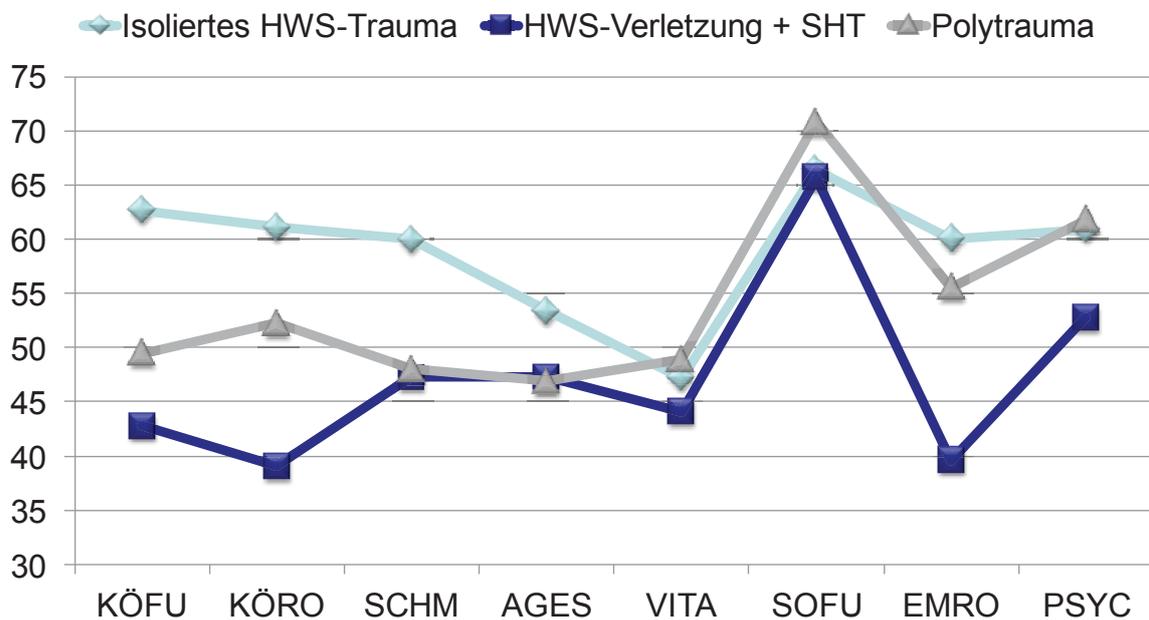


Abb. 43: Lebensqualität nach SF-36 bei verschiedenen Verletzungsarten, Unterschiede nicht signifikant

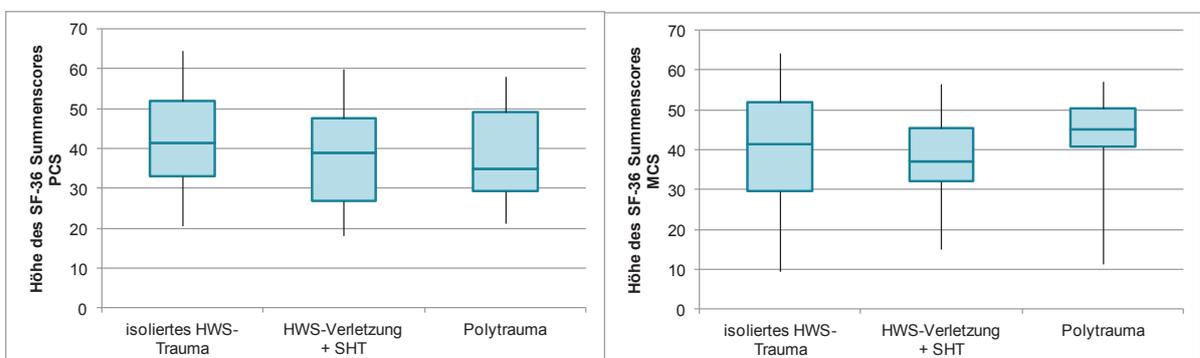


Abb. 44: Vergleich PCS und MCS nach Verletzungsarten, Unterschiede nicht signifikant

## 4 Diskussion

Für die vorliegende Studie konnten insgesamt 129 Patienten eingeschlossen werden, die im Zeitraum vom Januar 2003 bis Juni 2013 in der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Düsseldorf aufgrund einer HWS-Verletzung behandelt wurden. In dieser wurden sowohl Verletzungen der oberen als auch der unteren HWS mit einbezogen, was bislang nur in wenigen Studien geschah. Es sollten Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten in Unfallursachen, Verletzungsmuster und Behandlung herausgearbeitet werden und insbesondere die Einwirkung auf Outcome und Lebensqualität untersucht werden. Während in vielen Studien über HWS-Trauma ausschließlich operierte Patienten betrachtet werden, haben wir in der vorliegenden Arbeit auch konservative behandelte Verläufe betrachtet.

Der Fragebogen wurde an 100 Patienten verschickt, wobei das durchschnittliche Follow-Up (Zeitraum zwischen Verletzung und Beantwortung des Fragebogens) 56,4 Monate (4,7 Jahre) betrug. Hieraus ergab sich eine Inhomogenität bezüglich der Nachuntersuchung mittels Fragebogen nach Trauma: der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum betrug 1,5 Jahre, der längste 8 Jahre. Nachteilig daran war, dass in der Zwischenzeit einige Patienten unbekannt verzogen waren und andere verstorben waren. Es ergab sich eine Rücklaufquote von 80,0%.

### 4.1 Alters-, und Geschlechtsverteilung

Die vorliegende Studienpopulation von 129 Patienten zeigte eine annähernd gleiche Geschlechterverteilung: 62 Frauen (48,1%) und 68 Männer (51,9%) mit einem durchschnittlichen Alter von 61,8 Jahren (14-94). Der Häufigkeitsgipfel lag mit 54,5% eindeutig bei den über 65-Jährigen. Damit war unsere Studienpopulation im Vergleich zu anderen Studien durchschnittlich 20 Jahre älter. In der Sammelstudie der DGU über HWS-Verletzungen beschrieben Hofmeister und Bühren bei einem Patientenkollektiv von 544 Patienten ein durchschnittliches Lebensalter von 44 Jahren, wobei Männer doppelt so häufig betroffen waren wie Frauen (3). In einer Studie von Ketterl, die 142 Patienten mit Verletzungen an der unteren HWS untersuchte, lag das Durchschnittsalter bei 43 Jahren. Davon waren 54 Frauen (37,3%) und 89 Männer (62,7%) (11). Auch die DGU-Traumaregisteranalyse, die Wirbelkörperfrakturen bei Mehrfachverletzten untersuchte, zeigte, dass sich Patienten zwischen 20 und 40 Jahren am häufigsten eine Wirbelsäulenverletzung zuzogen. Hierbei lag das Geschlechtsverhältnis bei 28 % für die Frauen und 72% für die Männer (5). Laut Bühren liegt neben dem Häufigkeitsgipfel im 3.

Lebensjahrzehnt ein zweiter nach dem 60. Lebensjahr vor, der auf eine Alterstraumatologie bei vorgeschädigter Wirbelsäule zurückzuführen ist (1). Dieser zweite Häufigkeitsgipfel im höheren Alter spiegelte sich auch in unserer Studienpopulation wider. Die Geschlechterdiskrepanz mit einem dominierenden Männeranteil in den oben genannten Studien ist wohlmöglich auf den Verkehrsunfall als häufigste Unfallursache zurückzuführen. Nach Angaben des statistischen Bundesamtes im Jahr 2015 haben junge Männer im Alter von 18-24 Jahren im Vergleich zu jungen Frauen im selben Alter ein deutlich höheres Unfallrisiko im Straßenverkehr, was sich in zahlreichen Studien u.a. durch ein riskanteres Fahrverhalten der Männer erklären lässt (79). Zudem sind Männer laut der Studie „Mobilität in Deutschland 2008“ insgesamt mobiler als Frauen: sie legen im Durchschnitt mehr Wege am Tag zurück mit höheren Tagesstrecken in Kilometern pro Tag (80). In unserer Studie hingegen dominierte nicht der Verkehrsunfall, sondern der Sturz als Unfallursache (siehe 4.2), wodurch eine sich annähernd gleiche Geschlechterverteilung erklären könnte.

## 4.2 Unfallursachen

In der Literatur werden als häufigste Unfallursachen Verkehrsunfälle und Stürze angegeben. In der Sammelstudie der DGU kam der Verkehrsunfall bei über 50 % als Hauptverletzungsursache für die HWS-Verletzung vor, gefolgt von Stürzen bei 24% und banalen Unfallhergängen bei 20% (3). Eine ähnliche Verteilung zeigte sich in einer Studie von Gleizes (81), in der Verletzungen der oberen HWS analysiert wurden (Verkehrsunfall 55,5%, Sturz 22%), in einer Studie von Daentzer (6), in der Verletzungen an der unteren HWS beobachtet wurden (Verkehrsunfall 48%, Sturz 36%) sowie in der DGU-Trauma-register-Analyse (5), die generell Wirbelsäulenverletzungen bei Mehrfachverletzten untersuchte (Verkehrsunfall: 49%, Sturz 20%). In unserer Studie dominierten eindeutig Stürze aus dem Stand bzw. aus niedriger Höhe mit 56.6% gefolgt von Verkehrsunfällen bei 20,0%. Im Vergleich mit diesen älteren Studien bleiben also Verkehrsunfälle und Stürze die beiden häufigsten Unfallursachen. Allerdings hatte sich in unserer Studienpopulation die Reihenfolge geändert, also Sturz vor Verkehrsunfall. Dies erklärt sich am ehesten durch die Altersstruktur unserer Population: das Durchschnittsalter war höher als in vergleichbaren Populationen und bei älteren Patienten sind Stürze die häufigste Ursache für ein HWS-Trauma (3). Warum sich die Altersstruktur unserer Population so stark von anderen Kohorten der Literatur unterscheidet ist unklar und könnte mehrere Ursachen haben: einer ist, dass es zu einem Selektionsbias bei der Zuweisung gekommen ist, ein anderer, dass die Altersstrukturen der Gesamtpopulationen

sich unterscheiden. Ein weiterer Erklärungsansatz könnte aber auch altersunabhängig sein: möglicherweise hat eine verbesserte Unfallprävention in Deutschland im letzten Jahrzehnt durch Sicherheitsmaßnahmen wie Airbagsystem, Anschnallpflicht oder Geschwindigkeitsbegrenzungen zu einer Reduktion der Verkehrsunfälle geführt.

### 4.3 Verletzungsmuster

Von den HWS Verletzten in unserer Studienpopulation wies die Mehrheit eine Wirbelkörperfraktur auf (89,9%). Was die Verletzungslokalisierung angeht, war die untere HWS mit Frakturen bei 58 Patienten (50,0%) häufiger betroffen als die obere HWS, die bei 50 Patienten (43,1%) verletzt war. 8 Patienten (6,9%) wiesen eine kombinierte Verletzungslokalisierung auf. Mit 50,9% war der zweite Halswirbel der am häufigsten frakturierte Wirbelkörper der gesamten HWS, gefolgt vom HWK 6 als zweithäufigsten (25,0%) und HWK 5 als dritthäufigstem frakturierten Wirbelkörper (20,1%). Die DGU-Studie (1) wies eine ähnliche Verletzungsverteilung auf: Bühren beschrieb eine Häufigkeit von 42% für die obere und 55% für die untere HWS. Der Anteil an Kombinationsverletzungen oberer und unterer HWS-Frakturen war bei Bühren mit 3% etwas niedriger als bei unserer Studie. Sowohl in der DGU-Studie als auch in anderen Studien war der zweite HWK der am häufigsten frakturierte Wirbelkörper der oberen HWS (1, 81), während an der unteren HWS Verletzungen des HWK 6 und 5 dominierten (1, 11). Somit entspricht die Frakturhöhe der Studienpopulation der allgemeinen Datenlage.

Setzt man die Frakturhöhe der Studienpopulation in Beziehung zur Altersklasse war auffällig, dass das Patientenkollektiv mit Frakturen der oberen HWS eindeutig von den über 65-Jährigen dominiert wurde (76,0% aller oberen HWS-Frakturen). Dies stützt die Annahme, dass es sich bei Frakturen der oberen HWS insbesondere um Verletzungen des älteren Menschen handelt.

Bei der Mehrheit unserer Patienten fand sich eine Einfachverletzung (64,5%, 75 Patienten), die restlichen 34 Patienten (35,4%) wiesen eine Mehrsegmentverletzung auf, bei der zwei bis maximal sechs HWK frakturiert waren. Dieses Ergebnis findet sich auch in der Literatur wieder: Bühren und Hofmeister (3) berichteten bei ihrem Patientenkollektiv ebenfalls von einem überwiegenden Anteil an Einsegmentverletzungen (88%). Wir setzten die Anzahl der frakturierten HWK mit den Altersgruppen in Beziehung und sahen, dass mit zunehmendem Alter mehr Einfach- als Mehrfachfrakturen vorkamen (>65 Jährige: 72,1% Einfachverletzung). Dies ist am ehesten auf den Unfallmechanismus zurückzuführen: bei älteren Patienten handelt es sich meistens um Unfälle mit niedriger

Energie (Stürze), während die Unfälle junger Menschen höher energetisch sind (Verkehrsunfälle, Sportunfälle).

### **4.3.1 Verletzungen der oberen HWS**

Laut Bühren kommen an der oberen HWS insbesondere die folgenden drei „Klassiker“ in absteigender Häufigkeit vor: Dens axis-Frakturen, Hangman-Verletzungen und Atlas-Ringverletzungen (1). Dens axis-Frakturen kamen auch in unserer Studie innerhalb der oberen HWS Verletzungen am häufigsten vor, Atlasverletzungen waren bei uns allerdings häufiger als die Hangman-Verletzungen.

Der Anteil an HWK 2 Frakturen betrug im vorliegenden Patientenkollektiv 50,9 % und stellte die größte Gruppe dar (59 von 116 Frakturen) und kam häufiger vor als alle anderen HWS-Frakturen zusammen. Überproportional häufig handelte es sich dabei um Dens axis-Frakturen (44 Patienten), gefolgt von Corpus axis-Frakturen (5 Patienten) und der traumatischen Spondylolisthesis C2/C3 (3 Patienten). Laut Blauth (30) beläuft sich der Anteil der Densfrakturen auf etwa 20 % aller Frakturen der HWS. Hadley (82) zufolge liegt dieser Anteil bei 25 %. In einer Studie von Malik (9), in der nur Patienten jenseits 65 Jahren auf HWS-Verletzungen untersucht wurden, lag der Anteil an Dens axis Frakturen bei 33,6%. In unserer Studie lag der Anteil an Dens axis-Frakturen bei 37,9% und war somit am ehesten vergleichbar mit der Studie von Malik (9). Da unsere Population ein vergleichsweise hohes Durchschnittsalter hatte, können auch wir bestätigen, dass die Dens axis-Fraktur eine Fraktur des älteren Menschen ist. Auch die Verteilung der Dens axis- Frakturen innerhalb der Anderson und D'Alonzo Typen zeigte eine sehr ähnliche Verteilung im Vergleich zur Studie von Malik. Typ II kam hierbei in 61,0% (unsere Studie 59,1%) vor, Typ III in 22,2 % (unsere Studie 29,6 %) und Typ I kam kein Mal vor (unsere Studie 11,3%).

Die traumatische Spondylolisthesis C2/C3 (sog. Hangman-Verletzung) wird in der Literatur mit einer Häufigkeit von etwa 7% aller HWS Verletzungen beschrieben (33). Sie kam in unserer Studie nur bei 3 Patienten und somit in 2,6% aller untersuchten HWS-Verletzungen vor. Auch dies erklärt sich am ehesten mit der höheren Altersstruktur unserer Population, wonach eine Hangman-Verletzung eine vergleichsweise hohe Energie benötigt und damit eher eine Verletzung des jüngeren Menschen darstellt.

Atlasfrakturen werden in der Literatur mit Häufigkeiten zwischen 2-13% aller HWS-Verletzungen angegeben (83, 84). Ähnlich verhielt es sich bei unserer Studienpopulation mit einem Anteil von 8% (10 Patienten). Die Aussage nach Gehweiler, dass Atlas-

Frakturen vom Typ I genauso häufig vorkommen wie vom Typ III (33) kann anhand unserer Ergebnisse bestätigt werden, da von insgesamt 10 Atlasverletzungen 4 dem Typ I und 4 dem Typ III zugeordnet werden konnten. Von den restlichen Typen sahen wir nur jeweils einen oder keinen Patienten.

Axiskörperfrakturen werden in der Literatur als selten beschrieben, sie kamen in unserer Studienpopulation bei 5 Patientenvor (4,3% von allen HWS-Frakturen, 8,5% von allen HWK 2 Frakturen). In einer Studie von Robinson et al. werden Axiskörperfrakturen mit einem vergleichbaren Anteil von 10,0% an allen Axisfrakturen angegeben (85).

### **4.3.2 Verletzungen der unteren HWS**

Verletzungen an der unteren HWS konnten anhand der AO-Klassifikation folgenden Typen in absteigender Häufigkeit zugeordnet werden: Typ B Distraktionsverletzungen bei 26 Patienten (41,3%), gefolgt von Typ A-Kompressionsverletzungen bei 20 Patienten (31,7%) und Typ C- Rotationsverletzungen bei 17 Patienten (27,0%). In jeder Untergruppe dominierten jeweils die Typ 2 Verletzungen, also A2, B2 und C2. In den wenigsten HWS-Studien wird der Anteil der AO-Klassifikationstypen detailliert angegeben. In der DGU-Sammelstudie, die bei einer Fallzahl von 544 Patienten sowohl konservativ als auch operativ behandelte Patienten einschloss (3), zeigte sich eine sehr ähnliche Konstellation mit einem 50%-igen Anteil an instabilen Typ B-Verletzungen, einem 30%igen Anteil an Typ A-Verletzungen und einem 20%igen Anteil an hoch instabilen Typ C-Verletzungen. In unserer Studie war der Anteil der hoch instabilen Typ C-Verletzungen etwas höher (27%) und dafür der Anteil an Typ A-Verletzungen etwas niedriger. Trotz dem Überwiegen von niederenergetischen Traumen mit dem Sturz als Hauptunfallursache in der vorliegenden Studienpopulation erfuhr ein Teil der restlichen Studienpatienten hoch instabile HWS Frakturen. Dies könnte sich darüber erklären, dass der Polytraumaanteil in unserer Studie, bei dem ein Durchschnittsalter von 42,2 Jahren vorlag, mit 11,6% (15 Patienten) im Vergleich zur DGU-Sammelstudie (Polytraumaanteil 8,5%) höher lag und bei diesen Studienpatienten von komplexeren Unfallmechanismen auszugehen ist. Typ C-Verletzungen kennzeichnen sich über die Kombination mit einem Typ A im Sinne einer Luxationsfraktur (Typ C1) oder kommen zusammen mit dem Typ B als Subluxation vor (Typ C2) (86). Laut Knop et al. ist das geschätzte Risiko für Polytraumatisierte eine Typ C-Verletzung zu erleiden 4-fach höher als für nicht Polytraumatisierte (87). In der restlichen Literatur werden an der HWS ebenfalls am häufigsten Typ B-Verletzungen beobachtet (51, 88). Sowohl in der Studie nach Hofmeister und Bühren (3), als auch in der Studie von Matschke (51) fand sich innerhalb der Typ C-Verletzungen ein Überwiegen

des Untertyps C2 (Typ B-Verletzung mit Rotation), sodass sich auch hier die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit denen anderer Studien decken.

In unserer Studienpopulation erfassten wir den Anteil zervikaler Spinalkanalstenosen, der bei 34,1% lag (44 Patienten). Dabei handelte es sich entweder um degenerative oder traumatisch bedingte Stenosen. Der Anteil an relativen Stenosen (<15 mm) war mit 68,2% deutlich häufiger als die absoluten Stenosen (<9 mm). In der HWS-Studie von Ketterl (11) wiesen 11% der Patienten eine fortgeschrittene Degeneration oder eine Spinalkanalstenose auf, das durchschnittliche Alter betrug 43 Jahre. Der bei unserer Studienpopulation weitaus höhere Anteil an Spinalkanalstenosen (34,1%) ist vermutlich auf das um nahezu 20 Jahre ältere Patientengut zurückzuführen (durchschnittliches Alter Studienpopulation 61,8 Jahre). Es ist bekannt, dass die Inzidenz degenerativer zervikaler Spinalkanalstenosen mit zunehmendem Alter ansteigt (89). Dies bestätigte sich auch in der DGU-Studie (3), bei der die banalen Unfallmechanismen eindeutig mit einem überdurchschnittlichen Verletzungsalter und einer signifikant erhöhten Rate degenerativer Veränderungen der HWS, einem engen Spinalkanal oder osteoporotischen Knochenstrukturen einhergingen. Dies stützt unsere oben genannte Annahme. Einschränkend muss angemerkt werden, dass es sich bei den 44 Spinalkanalstenosen nicht nur um degenerative, sondern auch um traumatische Stenosen handelte, hierbei aber in der Datenerfassung kein Unterschied gemacht werden konnte. Dies lag daran, dass fast nie prätraumatische Untersuchungen vorlagen, aus denen man eine bereits präexistierende Spinalkanalstenose hätte sicher diagnostizieren können.

## 4.4 Neurologisches Outcome

Das neurologische Outcome spielt für die Patienten eine große Rolle: die neurologischen Ausfälle stellen einer der gravierendsten Beeinträchtigungen nach einem Trauma dar (4). In der vorliegenden Studie erlitten genau ein Drittel aller HWS-Verletzten eine Rückenmarksverletzung (43 Patienten, 33,3%). Die Mehrheit der HWS-Verunfallten erreichte die Klinik ohne neurologische Defizite. In der Literatur fanden sich zwei große Studien, die auf die gesamte HWS bezogen eine Aussage zum Anteil neurologischer Defizite machten: Röhl (24) berichtete von einem Anteil von 28%, in der DGU-Studie (1) lag der Anteil bei 30%. In anderen Studien, die sich auf die untere HWS bezogen, wurden neurologische Störungen in bis zu 43 % der Fälle beobachtet (2, 3, 29). Bei Röhl (24) setzten sich die 28% aus 17% kompletten (ASIA A) und 11% inkompletten Querschnittslähmungen (ASIA B, C, D) zusammen, in der DGU-Studie (1, 29) aus etwa 10% kompletten und 20 % inkompletten Lähmungen. In unserer Studie zeigte sich mit 3,9 % ein viel kleinerer Anteil

an kompletten Querschnittslähmungen, dafür ein höherer Anteil an inkompletten Lähmungen mit 29,4%. Der geringere Anteil an inkompletten Lähmungen im Vergleich zur Literatur ist unklar und könnte mehrere Ursachen haben: zum Einen erfolgte bei der Datenerhebung, sofern in der Dokumentation nicht eindeutig das Fehlen motorischer und sensibler Funktionen in den Segmenten S4 und S5 beschrieben worden war, eine Zuteilung in „inkomplette Lähmungen“. Ein höherer Anteil an tatsächlich vorliegenden kompletten Lähmungen kann somit nicht ausgeschlossen werden. Zum Anderen stellte das Vorliegen eines Morbus Bechterew oder eine Verletzung eines anderen Wirbelsäulenabschnittes (BWS oder LWS) ein Ausschlusskriterium bei der Auswahl der Studienpopulation dar, wohingegen in der DGU-Sammelstudie bei 3% der HWS Verletzungen ein Morbus Bechterew vorbekannt war und 10% wiesen eine Wirbelsäulenverletzung der BWS oder LWS auf (1). Pat. mit einem Morbus Bechterew sind im Vergleich zur Normalbevölkerung doppelt so gefährdet ein Querschnittssyndrom zu erleiden (24, 90). Zum Anteil neurologischer Defizite im Bereich der verschiedenen WS-Abschnitte gibt es unterschiedliche Angaben in der Literatur. Die Mehrzahl geht davon aus, dass HWS-Verletzungen häufiger mit neurologischen Begleitschäden einhergehen (2, 87). In einer Studie der DGU mit einer Population von 772 Patienten wurden Wirbelsäulenfrakturen bei Mehrfachverletzten untersucht, hierbei war die BWS nahe zu doppelt so häufig mit einem kompletten Querschnittssyndrom assoziiert (5).

Der Anteil neurologischer Defizite nimmt mit dem Grad der Instabilität einer Verletzung zu (3), was sich in unserer Studienpopulation in einem etwas höheren Anteil an instabilen Typ C-Verletzungen als in anderen Studien (unsere Studie 27%, Hofmeister und Bühren 20%) widerspiegelte.

Was das neurologische Outcome nach operativer Behandlung angeht, hielten wir den neurologischen Status zur Entlassung fest und zum Zeitpunkt der letzten dokumentierten Nachuntersuchung, die im Mittel 9,5 Monate betrug. Dabei handelte es sich allerdings um sehr inhomogene Nachuntersuchungszeiträume. So gab es Patienten, deren Behandlung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 1 Monat her war oder andere, bei denen sie vor fünf Jahren erfolgte. In unserer Studie war bei Entlassung eine Verbesserung der neurologischen Symptomatik bei 60,5 % (26 Patienten) zu beobachten. Unter diesem Anteil befanden sich Patienten, die sich um einen, zwei oder mehr ASIA Grade verbesserten bzw. sich komplett neurologisch erholten. Zur letzten Nachuntersuchung lag der Anteil an Patienten mit neurologischer Verbesserung insgesamt bei 74,4 % (32 Patienten). Daran erkennt man, dass ein Großteil der Patienten sich früh erholt, während sich im Verlauf dann nur noch ein geringer Prozentsatz nennenswert besserte.

Betrachtet man in verschiedenen Studien den Anteil an post-operativer neurologischer Erholung bei einer HWS-Verletzung im zeitlichen Verlauf fällt auf, dass die Quote der Patienten, die sich durch die Behandlung neurologisch verbesserten über die letzten 20 Jahre bei etwa 70-75% stabil geblieben ist. Während Aebi (91) in seiner Studie von 1986 bei 100 operativ versorgten HWS-Frakturen und Instabilitäten von einer neurologischen Verbesserung bei einem Drittel aller Patienten berichtete, kam es bei Blauths Studie mit 57 operierten HWS-Verletzungen von 1996 (92) bei 67,6% zu einer Verbesserung um mindestens einen Grad der ASIA-Klassifikation. Die folgenden Studien berichteten von ähnlichen Ergebnissen. Vock (93) beobachtete bei seiner Studie von 2004 eine neurologische Erholung bei etwa 75,0% der 88 Patienten. In der Studie von Ketterl (11) von 2015 zeigten sich bei 98 der 128 Patienten (76,6%) eine Verbesserung bzw. ein unauffälliger neurologischer Befund. Unsere Studie liegt mit einer Quote von 74,4% Verbesserung in einem ähnlichen Bereich. Daraus schließen wir, dass es trotz Bemühungen zur Therapieoptimierung einen gewissen Restprozentsatz an Patienten mit irreversiblen neurologischen Schäden gibt. Hier müssten die Konzepte für ein noch früheres Eingreifen in die Pathophysiologie des sekundären Rückenmarkschadens weiter vorangetrieben werden, z.B. durch medikamentöse Einflussnahme oder eine noch frühere operative Versorgung, im Sinne einer „ultra-early-Surgery“. Außerdem muss durch weitere Umsetzung zur Prävention und Prophylaxe von HWS-Traumen angesetzt werden, um die Rate und Schwere von primären Myelonschäden weiter zu senken. Ein Vergleich mit der vielfach zitierten DGU-Studie mit einem Patientenkollektiv von 544 ist hier nur teilweise möglich, da diese die neurologische Verbesserung nur zum post-operativen Zeitpunkt angab und keine Aussagen zu späteren Nachuntersuchungen machte. Von 45 komplett gelähmten (ASIA A) besserten sich 4 Patienten, bei den inkompletten Lähmungen lag eine neurologische Besserung oder komplette Erholung bei nahezu der Hälfte der Patienten vor (3). Laut Hofmeister und Bühren kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass bei weniger ausgeprägten Lähmungsbildern eine günstigere Verbesserungstendenz besteht. Für Patienten mit einer initial kompletten Lähmung ist zwar in Einzelfällen Erholung zu erwarten, in anderen Fällen, in denen eine hohe Instabilität bestand mit weiterer Dislokation und Spinalkanalverengung bestehe oft keine Remissionsmöglichkeit (3).

## 4.5 Begleitverletzungen

Isolierte Verletzungen der HWS finden sich in weniger als der Hälfte der Fälle (3). Sie sind oftmals vergesellschaftet mit Begleitverletzungen oder es handelt sich um Mehrfachverletzte. Der Polytraumaanteil in der vorliegenden Studie belief sich auf 11,6% (15 Patienten), wobei das Polytrauma II. Grades am häufigsten vorkam (7 Patienten), gefolgt vom Grad I (5 Patienten) und Grad III (3 Patienten). Bei den Polytraumatisierten kamen oberflächliche Wunden (86,7%), Schädel-Hirn-Traumen (73,7%), Thoraxverletzungen (40%), Extremitätenverletzungen (26,7%) sowie Abdomenverletzungen (13,3%) vor. Hofmeister und Bühren (3) berichteten von einem Polytraumaanteil von 8,5%, allerdings waren tetraplegische Patienten, die per definitionem einen ISS-Wert von  $\geq 25$  haben hierbei unberücksichtigt. Unser etwas höherer Polytraumaanteil von 11,6% könnte damit zusammenhängen, dass hoch halsmarkgelähmte Patienten in unserer Studie als Polytraumata galten. Bei Hofmeister und Bühren fanden sich 27,5 % Schädel-Hirn-Traumen (unsere Studie 73,7%), 25% Thoraxverletzungen (unsere Studie 40%), 27,1% Extremitätenverletzungen (unsere Studie 26,7%), sowie 7,7 % Abdomen und Beckenverletzungen (unsere Studie 13,3%). In unserer Studie überwogen deutlich sowohl die Schädel-Hirn-Traumen als auch die Thoraxverletzungen, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass wir die Begleitverletzungen nur bei den Polytraumen erfassten und diese mehr Begleitverletzungen aufweisen als nicht polytraumatisierte HWS-Verletzte. Die Extremitäten- und Abdomenverletzungen waren durchaus vergleichbar. Beckenverletzungen kamen bei uns nicht vor. Wirbelsäulenverletzungen anderer Lokalisation, also der BWS und LWS wurden in der Literatur in 10,1 % als Begleitverletzung beschrieben (3), stellten bei unserer Studie allerdings ein Ausschlusskriterium dar und waren daher nicht erfasst. Ein Vergleich mit der DGU-Studie bietet sich hier besonders an, da die Begleitverletzungen der gesamten HWS erfasst sind, während andere Studien nur die untere HWS untersuchten. Der ISS der Polytraumata in unserer Studie betrug  $27,9 \pm 13,7$  und war durchaus vergleichbar mit der durchschnittlichen Verletzungsschwere anderer Polytraumastudien. In einer Studie von Schinkel (5) mit einem Gesamtkollektiv von 772 polytraumatisierten Patienten mit schweren Wirbelsäulenverletzungen betrug der ISS  $29,1 \pm 15,1$ . Laut Schinkel (5) wies die dargestellte Verteilung auf einen hohen Verletzungsschweregrad des untersuchten Kollektivs hin. Aus den Vergleichen wird ersichtlich, dass die in unserer Studie untersuchten HWS-Verletzungen in ihren Begleitverletzungen gut mit anderen großen Studien vergleichbar waren.

Dem Schädel-Hirn-Trauma als Begleitverletzung galt eine besondere Aufmerksamkeit und wurde abgesehen von den polytraumatisierten Patienten erfasst. Es lag bei nahezu einem Drittel aller HWS-Verletzungen vor (42 Patienten 32,6%). Zu diesem Ergebnis kamen auch zahlreiche andere Studien (3, 5, 10). Laut der DGU-Traumaregisterstudie (5) korrelierten schwere HWS-Verletzungen signifikant häufiger mit einem schweren SHT als leichtere HWS-Verletzungen. Bei allen SHT dominierte das leichtgradige SHT (71,4%), gefolgt vom schwergradigen SHT (26,2%) und dem mittelgradigen SHT (2,4%). In der Literatur fanden sich vergleichbare Daten: leichtgradige SHT wurden in bis zu 92% der Fälle angegeben, gefolgt von schweren SHT und mittelgradigen SHT (94).

## 4.6 Behandlung

An der oberen HWS gibt es zahlreiche Indikationen für eine äußere Fixierung. Dahingegen sind an der unteren HWS in der Mehrzahl dauerhaft stabilisierende operative Maßnahmen indiziert (1). In unserer Studie wurden die Patienten unabhängig von der Behandlungsart eingeschlossen: es gab 99 operativ (76,7%) und 28 konservativ versorgte (21,7%) HWS-Verletzte. Nahezu exakt die gleichen Angaben fanden sich bei der Studie von Hofmeister und Bühren (3), die ebenso wie wir nicht nur rein operativ versorgte Patienten untersuchten (operativ: 76%, konservativ: 24%).

Die operative Versorgung an der HWS erfolgte vorzugsweise über ventrale Zugänge: als anteriore Schraubenosteosynthese bei Dens axis-Frakturen und an der unteren HWS als ventrale interkorporelle Spondylodese mit Interponat und Plattenstabilisierung, die heutzutage ein Standardverfahren darstellt (2, 4, 11, 42, 93). Fusionen an der oberen HWS werden auch über dorsale Vorgänge vorgenommen, wie z.B. die transartikuläre Verschraubung des Atlas und Axis, während dorsale Verfahren an der unteren HWS zunehmend seltener erfolgen (1). Bei 70 von 90 unserer operierten Patienten erfolgten die Eingriffe von ventral (70,7%), bei 19 Patienten von rein dorsal (19,2%) und bei 10 Patienten war ein kombiniert dorso-ventraler Eingriff nötig (10,1%). In der DGU-Studie, die wie wir sowohl obere als auch untere HWS-Verletzungen einschloss, wurden 80% von ventral und jeweils 10% dorsal oder kombiniert dorso-ventral versorgt (1). In Studien die Verletzungen der unteren HWS untersuchten, wurden noch höhere Quoten an ventralen Zugängen beobachtet. Hofmeister und Bühren (3) berichteten von 84% rein ventralen Operationen, 3,4% rein dorsalen Operationen und 12% dorso-ventralen. Ketterl (11) berichtete sogar von 92,3% Fällen mit rein ventralem Vorgehen, 3,5% mit rein dorsalem Vorgehen, sowie 4,2% kombiniert dorso-ventralem Vorgehen. Die höheren Anteile an ventralen Zugangswegen bei den Studien über die untere HWS liegen vermutlich daran,

dass das nicht seltene dorsale Vorgehen an der oberen HWS nicht eingeschlossen ist. Die Ergebnisse unserer Studienpopulation sind am ehesten mit denen der DGU-Studie zu vergleichen.

Auffällig ist, dass der Anteil rein dorsaler Stabilisierungen bei uns mit 19,2% relativ hoch war. Das dorsale Operationsverfahren wurde bei 13 von 19 Patienten (68,4%) bei Verletzungen der oberen HWS angewandt, insbesondere bei komplexen Dens Frakturen, die in Kombination mit Atlasfrakturen auftraten und solche Frakturen, die zu einer C1/C2-Instabilität führten. In der Literatur ist die Effektivität der dorsalen transartikulären Verschraubung bei einer isolierten Jefferson-Fraktur als auch bei der Kombinationsverletzung mit einer Densfraktur belegt (95, 96). Bei einem von kranial-dorsal nach kaudal-ventral verlaufendem Frakturspalt bei einer Densfraktur Typ II nach Anderson und D'Alonzo kann die anteriore Densverschraubung erschwert sein, sodass in diesem Fall eine primäre C1/C2-Verschraubung zu empfehlen ist (30). Bei den 6 von 19 Patienten, die im Bereich der unteren HWS eine dorsale Operationstechnik erfuhren, lag bei der Mehrheit eine Mehretagenfraktur vor, bei einem Patienten war eine hochgradige langstreckige Spinalkanalstenose zu diagnostizieren. Indikationen für dorsale Verfahren an der unteren HWS sind dorsale Spinalkanaleinengungen, geschlossen nicht reponierbare Verhakungen der kleinen Wirbelgelenke sowie dislozierte Frakturen der Gelenkforstätze mit Verlegung der Neuroforamina (3, 11). Der erhöhte Anteil rein dorsaler Verfahren unserer Studienpopulation ist Ausdruck komplexer Frakturkombinationen, die über ein rein ventrales Operationsverfahren wohlmöglich nicht ausreichend Stabilität boten.

Was den Operationszeitpunkt in unserer Studienpopulation anging, wurden 40,4 % (40 Patienten) innerhalb der ersten 24 h einer operativen Versorgung zugeführt, 72,7 % (72 Patienten) innerhalb der ersten 72 h. Im Mittel erfolgte der Eingriff am 3. Tag. Für den Literaturvergleich wurden zwei DGU- Sammelstudien herangezogen aus den Jahren 1999 (3) und 2007 (5), die zeigen, dass sich der Anteil von „day 1-surgery“ von 20 auf 42 % erhöht hat (Hofmeister 1999 < 24 h: 20 %, < 72 h: 49%, Schinkel 2007 < 24 h: 42% , < 72 h: 71 %). Unsere Ergebnisse sind vergleichbar mit der DGU-Studie von Schinkel (5), bei der die Operation im Mittel ebenfalls am 3. Tag stattfand.

Daraus schließen wir, dass der Trend in Richtung frühzeitiger OP, der sogenannten „day 1 surgery“ geht. Dies hatte sich bereits in einigen klinischen Studien als vorteilhaft erwiesen und ist in Deutschland seit Mitte 2011 in die S3-Leitlinie zur Behandlung von Polytraumatisierten aufgenommen worden. Ob bei Wirbelsäulenverletzungen mit bereits eingetretener Rückenmarksverletzung eine frühzeitige gegenüber einer späteren

operativen Versorgung Vorteile bringt wurde lange Zeit kontrovers diskutiert. Zwar konnten mehrere Studien keine eindeutige Korrelation zwischen Operationszeitpunkt und neurologischem Outcome nachweisen (92, 97, 98), dennoch wird die frühzeitige Stabilisierung von den meisten Autoren empfohlen (5, 99). In der DGU-Traumaregisterstudie (5) als auch in der Studie von El Saman (12) konnten bei frühzeitiger Operation eine tendenziell geringere Mortalität sowie kürzere Intensivliege- und Gesamtliegezeiten beobachtet werden. Während die Gesamtliegezeit der vorliegenden Studienpopulation im Median 7 Tage (durchschnittlich 9,5 Tage) und die intensivmedizinische Liegezeit im Median 4 Tage (durchschnittlich 7 Tage) betrug, zeigten Studien, die mehrfachverletzte HWS-Verletzte untersuchten erwartungsgemäß aufgrund der Verletzungsschwere eine höhere Liegedauer im Median (DGU Studie/ El Saman Gesamtliegezeit 21/ 16 , Intensivliegezeit: 7/11) (5, 12). Vergleichbar mit unseren Studienergebnissen ist eine Studie von Clayton, bei welcher die Krankenhausaufenthaltsdauer der HWS-Verletzten durchschnittlich 9,6 Tage betrug (100). Die Mortalität der Studienpopulation betrug 22,5% (29 Patienten), 7 der Patienten (5,4%) verstarb infolge primärer und sekundärer Unfallfolgen, bei den restlichen 22 Verstorbenen (17,1%) konnte eine Kausalität mit dem Unfallereignis nicht ausgeschlossen werden, erschien insbesondere in Anbetracht des Altersdurchschnittes von 61,8 Jahren und des maximalen Follow-Up von 6,6 Jahren eher unwahrscheinlich. In der Literatur werden bei HWS-Verletzten Mortalitätsraten zwischen 3,3% und 14% angegeben (5, 6, 12, 100, 101). Geht man von einer Mortalitätsrate von 5,4% aus, ist dieser Wert mit den Angaben in der Literatur vergleichbar.

## 4.7 Begleiterkrankungen

Bei der Erfassung der Begleiterkrankungen unserer Studienpopulation zeigte sich, dass etwas über die Hälfte der Patienten Begleiterkrankungen aufwiesen (52,7%, 68 Patienten). Diese wurden unter der Annahme erfasst, dass sie einen Einfluss auf die gesundheitsbezogene LQ der Patienten haben könnten. Am häufigsten kamen Herz-Kreislauf-Erkrankungen (76,5%, 52 Patienten) vor, gefolgt von ZNS-Erkrankungen (35,3%). Es ist durchaus bekannt, dass Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu den häufigsten Erkrankungen gehören. Sowohl der Apoplex als auch die Demenz (die bei uns in der Unterkategorie „ZNS-Erkrankungen“ erfasst waren) gehören zu den Erkrankungen, die mit steigendem Alter zunehmen. So treten nahezu 85% aller Schlaganfälle jenseits des 60. Lebensjahres auf (76). Endokrinologische Erkrankungen, unter denen insbesondere ein Diabetes Mellitus und Schilddrüsenerkrankungen dominierten, kamen im Studienkollektiv

bei 18 Patienten (26,5%) vor. Im Bundesgesundheitsurvey ergab sich für den Diabetes Mellitus eine Prävalenz von 5,2%, wobei die Befundhäufigkeit mit zunehmendem Alter steil anstieg (76). Unsere Studienpopulation (61,8 Jahre) war im Vergleich zur SF-36 Normpopulation (46,1 Jahre) im Durchschnitt 15 Jahre älter (76). Durch die Unterschiede in der Altersstruktur kann der mögliche Einfluss von Begleiterkrankungen auf die gesundheitsbezogene LQ nicht kontrolliert werden.

## **4.8 Subjektives Beschwerdebild nach HWS-Verletzung**

In dem verschickten Fragebogen erfragten wir, ob seit der HWS-Verletzung Beschwerden bestünden. Von 80,0 % erhielten wir eine Rückantwort: mehr als die Hälfte gaben Nackenschmerzen an (55,0%), 41 berichteten von einer eingeschränkten Beweglichkeit der HWS (51,3%), 19 klagten über Kopfschmerzen (23,8%), 16 gaben Sensibilitätsstörungen an (20,0%), 10 beklagten eine Lähmung (16,4%) und 2 gaben eine Schluckstörung an (2,5%).

In einer Studie von Daentzer (9) ergab die klinische Nachuntersuchung bei operativ versorgten Patienten mit Verletzungen der unteren HWS bei 25,6% leichte oder nur selten auftretende Nackenschmerzen, bei 7,0% stärkere oder häufiger auftretende Nackenschmerzen. Blauth (92) berichtete von einem Anteil von 7,0%, der über ständige Schmerzen im Bereich der HWS klagte. In unserer Studie war der Anteil an Patienten mit Nackenschmerzen mit 55,0% relativ hoch. Das kann zum Einen daran liegen, dass zum Zeitpunkt der Fragebogenbeantwortung bei manchen Patienten die HWS-Verletzung nur 18 Monate zurück lag, während bei Blauth der Nachuntersuchungszeitraum mindestens 10 Jahre betrug. Zum Anderen kann das hohe Durchschnittsalter der Studienpopulation mit verursachend gewesen sein. „Nackenschmerzen“ werden auch von vielen beklagt, die kein HWS-Trauma erlitten, insbesondere bei altersbedingten degenerativen Veränderungen. Ein weiterer Grund kann der hohe Anteil an dorsalen Zugangswegen an der oberen HWS gewesen sein. Bei diesen kommt es durch post-operative Narbenbildung zu Muskelfunktionsstörungen. In anderen Nachuntersuchungen stehen insbesondere Nackenschmerzen und okzipitale Dysästhesien im Vordergrund (102, 103). Nahezu genauso oft wie die Nackenschmerzen wurde auch eine eingeschränkte Beweglichkeit der HWS angegeben (51,3%). In einer Studie von Müller (104) über operativ versorgte Densfrakturen zeigten sich bei 44 % Bewegungseinschränkungen im Sinne einer verminderten Rotation. Blauth (92), der Patienten mit unteren HWS-

Verletzungen nachuntersuchte, beobachtete zwar bei allen Bewegungseinschränkungen, allerdings spürten die Patienten diese subjektiv nicht. Da es sich bei der Angabe von Bewegungseinschränkungen im Fragebogen um subjektive Betrachtungen handelte, gestaltet sich hier ein Vergleich mit der Literatur schwierig.

Kopfschmerzen wurden von 19 Patienten beklagt (23,8%). Ilgner (105) beschrieb bei 12,1% der nachuntersuchten Patienten mit HWS-Verletzungen Kopfschmerzen, die zuvor nicht aufgetreten waren. Auch hier ist nicht auszuschließen, dass die Kopfschmerzen anderer Genese sind.

16 Patienten (20,0%) gaben Sensibilitätsstörungen an, bei 10 Patienten lagen muskuläre Schwächen vor (16,4%). Bei den Sensibilitätsstörungen konnte kein Unterschied gemacht werden, ob es sich um Gefühlsstörungen in den Extremitäten als Ausdruck eines verbleibenden neurologischen Defizites nach Rückenmarkverletzung handelte oder um Sensibilitätsstörungen im Bereich der Narbe. Da zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung 11 Patienten keine neurologische Verbesserung erfuhren und weitere 14 zwar eine Verbesserung der neurologischen Symptomatik, aber keine komplette Erholung hatten, kann es sein, dass diese Patienten weiterhin bestehende Sensibilitätsstörungen und muskuläre Schwächen angaben. 2 Patienten gaben Schluckbeschwerden an. Bei beiden war eine Zugschraubenosteosynthese bei einer Dens axis-Fraktur erfolgt. In der Literatur werden bei Dens axis-Frakturen verhältnismäßig oft Schluckbeschwerden beobachtet (106). Bei allen Angaben von Beschwerden ist kritisch zu betrachten, ob die Beschwerden tatsächlich mit der HWS-Verletzung zusammenhängen.

## **4.9 Gesundheitsbezogene Lebensqualität**

Ein zweiter wesentlicher Teil der vorliegenden Arbeit befasste sich mit der Frage der Lebensqualität von Patienten nach einer HWS-Verletzung. Der Fokus sollte nicht nur auf objektive Outcome-Parameter gelegt werden, sondern auch das körperliche und psychosoziale Wohlbefinden aus der subjektiven Sicht des Patienten. Der hierfür benutzte SF-36-Fragebogen gilt als reliables, valides und international anerkanntes Testverfahren (75). Er ermöglicht den Vergleich sowohl von Subpopulationen untereinander als auch mit einer Normpopulation und fand bislang vielfach Anwendung in der Wirbelsäulenforschung (107).

Es gibt einige Studien, die die LQ bei Verletzungen der BWS und LWS untersuchten, allerdings nur wenige, die speziell die HWS betrachteten. Hierunter fanden sich v.a.

Studien, die die LQ bei einzelnen Wirbelkörperverletzungen (z.B. Jefferson-Frakturen) oder Wirbelsäulenabschnitten untersuchten (108-110). Uns war bei der Untersuchung der gesundheitsbezogenen LQ wichtig, den Fokus auf die HWS-Verletzung zu legen - unabhängig von der Verletzungsschwere. So fand sich in unserer Studienpopulation von der leichten isolierten HWS-Verletzung über die schwere HWS-Verletzung mit Begleitverletzungen bis hin zum Polytrauma mit HWS-Beteiligung ein weites Spektrum an Verletzungsmustern. Um den Fokus auf die HWS-Verletzung zu gewährleisten, schlossen wir Patienten mit Verletzungen anderer Wirbelsäulenabschnitte, also der BWS oder LWS aus.

Das wesentliche Ergebnis des Vergleiches zwischen Studien- und Normpopulation war - nicht unerwartet, dass Patienten mit einer HWS-Verletzung im Vergleich zur gesunden Bevölkerung eine deutlich niedrigere gesundheitsbezogene LQ angaben. Sowohl in allen acht Skalen des SF-36 als auch in den Summenscores (PCS und MCS) zeigten die HWS-Verletzten signifikant schlechtere Werte als die deutsche Normpopulation. Weder das Geschlecht noch verschiedene Verletzungsarten konnten als eigenständige Einflussfaktoren auf die gesundheitsbezogene LQ identifiziert werden. Allerdings zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter und der körperlichen Gesundheit. Die Autoren des Bundes-Gesundheitssurveys berichteten von deutlichen altersabhängigen Unterschieden, insbesondere in den Skalen der körperlichen Gesundheit, wie z.B. der körperlichen Funktionsfähigkeit, während die Skalen zur Messung der psychischen Gesundheit weniger altersabhängig waren (111). Diese Aussage konnten wir in unserer Studie wiederfinden: mit zunehmendem Alter zeigte sich ein signifikant niedrigerer körperlicher Summenscore (PCS). Für die Skalen, die die psychische Gesundheit abbildeten, gab es große Standardabweichungen für die Werte innerhalb der Altersgruppen. Es konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Daraus schlussfolgern wir, dass jüngere Patienten sich, trotz hoch energetischen Unfällen (Sportunfälle, Verkehrsunfälle) und komplexeren Verletzungen physisch besser von dem HWS-Trauma erholen als ältere Patienten und die psychische Erholung weitgehend altersunabhängig ist.

Eine asiatische Studie aus dem Jahr 2012 untersuchte die LQ bei Patienten mit traumatisch bedingten zervikalen Rückenmarksverletzungen mit einem Altersdurchschnitt von 59,1 Jahren. Der höhere Grad an degenerativen Veränderungen der HWS (leicht, mittel, schwer) korrelierte signifikant mit niedrigeren Werten in den SF-36 Skalen (109). Hieraus schließen wir, dass die HWS-Verletzung innerhalb der Altersstruktur unserer Population mit einem hohen Anteil an degenerativen Wirbelsäulenveränderungen (u.a. 34,1% Spinalkanalstenosen) einer der Erklärungen für die niedrigere LQ war. Eine

kanadische prospektive Studie von Rivers untersuchte 340 Rückenmarksverletzte Patienten und fand heraus, dass die Anzahl an Begleiterkrankungen, aber insbesondere Multimorbidität (>3 Begleiterkrankungen) mit einem niedrigeren PCS und MCS korrelierte. Ein Anteil von 95% gab eine Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes an, worunter Begleiterkrankungen wie auch körperlicher Schmerz Angabemöglichkeiten darstellten (112). Trotz unterschiedlichem Studiendesign lassen sich Parallelen zu unserer Studie ziehen. Das Vorliegen von Begleiterkrankungen (mehr als die Hälfte unserer Studienpopulation) ist als Einflussfaktor auf die physische und mentale Gesundheit denkbar.

Neben altersabhängigen Unterschieden ergab die Datenerhebung des Bundes-Gesundheitssurveys auch geschlechtsspezifische Unterschiede: Frauen erzielten in den Skalen Soziale Funktionsfähigkeit und Emotionale Rollenfunktion niedrigere Werte als Männer und bewerteten somit ihre Gesundheit subjektiv schlechter (111). Diese Aussage ließ sich anhand des vorliegenden Patientenkollektivs nicht bestätigen, da bis auf die Werte der Körperlichen Rollenfunktion (die bei den Frauen durchschnittlich um 20,8 % niedriger lagen) alle Skalenwerte und Summenscores nahezu identisch waren. Für die niedrigeren Skalenwerte der Körperlichen Rollenfunktion konnte keine Signifikanz ermittelt werden.

Betrachtet man die durchschnittlichen Skalenwerte der drei verschiedenen Subpopulationen (isoliertes HWS-Trauma, HWS-Trauma und SHT, Polytrauma) fiel rein deskriptiv auf, dass die vier Dimensionen der körperlichen Gesundheit (KÖFU, KÖRO, SCHM, AGES) ausgeprägtere Unterschiede aufwiesen als die Dimensionen der psychischen Gesundheit mit Ausnahme der Subskala EMRO. Daraus schlussfolgern wir, dass die Subpopulationen sich in der mentalen Gesundheit kaum voneinander unterscheiden.

Was die physische Gesundheit angeht zeigten die HWS-Verletzten mit SHT im Bereich der Skalen KÖFU und KÖRO die größten Abweichungen von der Subpopulation der isolierten HWS-Verletzten. Allerdings waren diese Abweichungen nicht signifikant. In mehreren Studien wurde für Patienten mit einem SHT eine Beeinträchtigung der späteren LQ beschrieben (113, 114). In einer der Studien (113) wurde der SF-36-Fragebogen bei 271 schädelhirntraumatisierten Patienten angewandt und ergab signifikant schlechtere Skalenwerte zur Normpopulation, wobei die leichten SHT im Vergleich zu den mittelschwergradigen SHT signifikant schlechtere Werte erzielten. Eine Erklärung für die abweichenden Werte der körperlichen Gesundheit der HWS-Verletzten mit SHT von den isolierten HWS -Verletzten könnte der überwiegende Anteil an leichtgradigen SHT

(71,4%) in unserer SHT-Population sein. In der Skala „emotionale Rollenfunktion“ wichen die Patienten mit einem SHT deutlich von den anderen Subpopulationen ab, allerdings war dieser Unterschied nicht signifikant.

Für polytraumatisierte Patienten wird in vielfachen Studien ebenfalls eine verminderte Lebensqualität beobachtet, die sowohl Einschränkungen in der physischen als auch psychosozialen Gesundheit zeigt (62, 115, 116). In der Studie von Zettl (116) mit einer Stichprobe von 482 Patienten konnten bei den Ergebnissen des SF-36-Fragebogens insbesondere die Kategorien Schmerzen und soziale Funktionsfähigkeit als Problembereiche bei Polytraumatisierten identifiziert werden. Dieses Ergebnis konnten wir anhand unserer Ergebnisse nicht bestätigen, was aber wahrscheinlich an der kleinen Fallzahl der Polytraumatisierten (n=9) lag.

Eine kanadische Studie von Dvorak aus dem Jahr 2005 untersuchte bei 43 Patienten in durchschnittlichem Alter von 47,7 Jahren mit einer Jefferson-Fraktur die LQ mittels SF-36 (108). Hierbei ergab sich, wie bei unserer Studienpopulation, in der vier Patienten mit einer Jefferson-Fraktur vorkamen, ein signifikant niedrigerer PCS ( $43,3 \pm 13,4$ ) im Vergleich zur kanadischen Normpopulation. Der MCS ( $49,1 \pm 14,2$ ) hingegen zeigte keinen signifikanten Unterschied. Ähnlich wie bei unserer Studie konnten das Geschlecht und Begleitverletzungen nicht als eigenständige Einflussfaktoren identifiziert werden. Allerdings ergab sich mit dem Grad der Dislokation der Massae laterales ein signifikant niedrigerer PCS, als Ausdruck einer niedrigeren LQ bei Zunahme der Instabilität einer Verletzung.

Bei der kanadischen Studie von Rivers ergab sich bei den Rückenmarksverletzten Patienten mit dem Grad der körperlichen Beeinträchtigung erwartungsgemäß ein niedrigerer PCS, aber auch ein höherer MCS (112). Geht man davon aus, dass eine ausgeprägte körperliche Beeinträchtigung meistens Folge einer schweren Verletzung ist, erscheint dieser Sachverhalt auf den ersten Blick paradox. Das Phänomen nennt sich „responsive shift“ und entspricht einer Veränderung interner Standards, Werte und der gesundheitsbezogenen LQ, ausgelöst durch ein einschneidendes Ereignis wie z.B. eine Veränderung des Gesundheitszustandes, in diesem Fall der Rückenmarksverletzung. Patienten, die sich in objektiv negativen Lebensumständen befinden, sind durch Veränderung ihre Wertemaßstäbe in der Lage ein hohes Maß an innerer Zufriedenheit aufrecht zu erhalten (112, 117). In Bezug auf unsere Studienergebnisse lässt sich damit die Aussage stützen, dass die Verletzungsart (isolierte HWS-Verletzung, HWS-Verletzung mit SHT, Polytrauma) keinen Einflussfaktor für die mentale Gesundheit darstellt. Für den HWS-Patienten bedeuten diese Ergebnisse, dass auch nach einem durchschnittlichen

Zeitraum von 4,7 Jahren posttraumatische Einschränkungen in der körperlichen sowie psychischen Gesundheit zu erwarten sind, unabhängig von der Unfallschwere oder vom Verletzungsmuster.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des SF-36-Fragebogens müssen auch einige Limitierungen bedacht werden. Zum Einen konnte bei einer Rücklaufquote von 80,0% zwar die Mehrheit der verschickten Fragebögen (80 von 100) analysiert werden, aber nicht die gesamte beschriebene Population mit einbezogen werden. Zum Anderen ist der durchschnittliche Zeitraum zwischen dem HWS-Trauma und dem Beantworten des Fragebogens mit 4,7 Jahren relativ hoch. Es ist also nicht auszuschließen, dass vom HWS-Trauma unabhängige Erkrankungen oder einschneidende Ereignisse im Leben des Patienten negative wie positive Auswirkungen auf die körperliche oder psychische Gesundheit und somit auf die LQ haben konnten.

## **4.10 Schlussfolgerungen**

Zusammenfassend können wir aus unserer Studie schlussfolgern, dass im Vergleich zur Situation vor einem Jahrzehnt die häufigsten Ursachen von Halswirbelsäulenverletzungen - nämlich Verkehrsunfälle und Stürze - gleich geblieben sind. Bei der Behandlung ist ein Trend zur früheren operativen Versorgung, der sogenannten „day1-surgery“ zu erkennen. Was das neurologische Outcome angeht, gibt es einen relativ stabilen Prozentsatz an Patienten (ca. 25-30%), der trotz Trend zur „day 1-surgery“ und Versuchen zur Therapieoptimierung in den letzten zehn Jahren weiterhin keine neurologische Besserung erfährt. Daraus schließen wir, dass ein noch früheres Eingreifen in die Pathophysiologie des sekundären Rückenmarksschadens weiter vorangetrieben werden muss, z.B. durch eine noch frühere operative Versorgung sowie neue Ansätze der medikamentösen Einflussnahme.

Die subjektive LQ von Patienten nach einem HWS-Trauma ist sowohl im körperlichen als auch psychischen Bereich eingeschränkt. Während die psychische Erholung weitgehend altersunabhängig ist, scheinen sich jüngere Patienten physisch besser von dem HWS-Trauma zu erholen als ältere Patienten. In der vorliegenden Population schienen verletzungsspezifische Merkmale (d.h. isolierte HWS-Verletzung, begleitendes SHT, Polytrauma) die gesundheits-bezogene LQ bei HWS-Verletzungen nicht zu beeinflussen.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Buhren V. Fractures and instability of the cervical spine. *Der Unfallchirurg*. 2002;105(11):1049-66.
2. Oberst M, Wittner B, Holz U. Frakturen und Luxationen der unteren HWS. *OP-JOURNAL*. 2001;17(02):142-9.
3. Hofmeister M, Buhren V. Therapeutic concept for injuries of the lower cervical spine. *Der Orthopäde*. 1999;28(5):401-13.
4. Laurer H, Sander A, Maier B, Marzi I. Fractures of the cervical spine. *Der Orthopäde*. 2010;39(3):237-46.
5. Schinkel C, Frangen TM, Kmetc A, Andress HJ, Muhr G. Spinal fractures in multiply injured patients: an analysis of the German Trauma Society's Trauma Register. *Der Unfallchirurg*. 2007;110(11):946-52.
6. Daentzer D, Boker DK. Operative stabilization of traumatic instabilities of the lower cervical spine. Experience with an angle instable anterior plate-screw system in 95 patients. *Der Unfallchirurg*. 2004;107(3):175-80.
7. Eismont FJ, Clifford S, Goldberg M, Green B. Cervical sagittal spinal canal size in spine injury. *Spine*. 1984;9(7):663-6.
8. Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. Injuries to the upper cervical spine. Part 2: osseous injuries. *Der Unfallchirurg*. 2010;113(12):1023-39; quiz 40.
9. Malik SA, Murphy M, Connolly P, O'Byrne J. Evaluation of morbidity, mortality and outcome following cervical spine injuries in elderly patients. *Eur Spine J*. 2008;17(4):585-91.
10. Scholz M, Schleicher P, Kandziora F. Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*. 2015;10(06):429-50.
11. Ketterl R, Ewender S. Behandlungsoptionen bei Verletzungen der unteren Halswirbelsäule. *Trauma und Berufskrankheit*. 2013;17(S1):148-56.
12. El Saman A, Laurer H, Maier B, Wyen H, Mack M, Marzi I. Diagnosis, Timing and Treatment of Cervical Spine Injuries in Polytraumatized Patients. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2007;33(5):501-11.
13. Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, Sonntag VK. Acute traumatic atlas fractures: management and long term outcome. *Neurosurgery*. 1988;23(1):31-5.
14. Miller CP, Brubacher JW, Biswas D, Lawrence BD, Whang PG, Grauer JN. The incidence of noncontiguous spinal fractures and other traumatic injuries associated with cervical spine fractures: a 10-year experience at an academic medical center. *Spine*. 2011;36(19):1532-40.
15. Aumüller G, Aust G, Doll A. *Duale Reihe: Anatomie*. 1 ed. Stuttgart: Thieme; 2010.
16. Schünke M. *Prometheus: Lernatlas der Anatomie*. 4. ed. Stuttgart Erik Schulte; 2014.
17. White AA, 3rd, Johnson RM, Panjabi MM, Southwick WO. Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1975(109):85-96.
18. Albrecht RM, Malik S, Kingsley DD, Hart B. Severity of cervical spine ligamentous injury correlates with mechanism of injury, not with severity of blunt head trauma. *Am Surg*. 2003;69(3):261-5; discussion 5.
19. Blackmore CC, Emerson SS, Mann FA, Koepsell TD. Cervical spine imaging in patients with trauma: determination of fracture risk to optimize use. *Radiology*. 1999;211(3):759-65.
20. Huelke DF, Mackay GM, Morris A. Vertebral column injuries and lap-shoulder belts. *The Journal of trauma*. 1995;38(4):547-56.
21. Bensch FV, Kiuru MJ, Koivikko MP, Koskinen SK. Spine fractures in falling accidents: analysis of multidetector CT findings. *Eur Radiol*. 2004;14(4):618-24.
22. Schandler SL, Cohen MJ, Vulpe M, Frank S. Incidence and characteristics of spinal cord injured patients with a family history of alcoholism. *J Stud Alcohol*. 1995;56(5):522-7.
23. Hills MW, Deane SA. Head injury and facial injury: is there an increased risk of cervical spine injury? *The Journal of trauma*. 1993;34(4):549-53; discussion 53-4.

24. Röhl K. Halswirbelsäulenverletzungen mit Tetraplegie. *Trauma und Berufskrankheit*. 2003;5(2):231-43.
25. Frankel HL. Ascending cord lesion in the early stages following spinal injury. *Paraplegia*. 1969;7(2):111-8.
26. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, et al. The canadian c-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA*. 2001;286(15):1841-8.
27. Hoffman JR, Wolfson AB, Todd K, Mower WR, Group N. Selective cervical spine radiography in blunt trauma: methodology of the National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS). *Ann Emerg Med*. 1998;32(4):461-9.
28. West OC, Anbari MM, Pilgram TK, Wilson AJ. Acute cervical spine trauma: diagnostic performance of single-view versus three-view radiographic screening. *Radiology*. 1997;204(3):819-23.
29. Reinhold M, Blauth M, Rosiek R, Knop C. Lower cervical spine trauma: classification and operative treatment. *Der Unfallchirurg*. 2006;109(6):471-80, quiz 81-3.
30. Blauth M, Tscherne H. Tscherne Unfallchirurgie: Wirbelsäule. In: Tscherne H, Blauth M, editors. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1998. p. 153-239.
31. Como JJ, Diaz JJ, Dunham CM, Chiu WC, Duane TM, Capella JM, et al. Practice management guidelines for identification of cervical spine injuries following trauma: update from the eastern association for the surgery of trauma practice management guidelines committee. *The Journal of trauma*. 2009;67(3):651-9.
32. Katzberg RW, Benedetti PF, Drake CM, Ivanovic M, Levine RA, Beatty CS, et al. Acute cervical spine injuries: prospective MR imaging assessment at a level 1 trauma center. *Radiology*. 1999;213(1):203-12.
33. Gehweiler J, Osborne R, Becker R. The radiology of vertebral trauma. Saunders. 1983.
34. Saboe LA, Reid DC, Davis LA, Warren SA, Grace MG. Spine trauma and associated injuries. *The Journal of trauma*. 1991;31(1):43-8.
35. Anderson LD, D'Alonzo RT. Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am*. 1974;56(8):1663-74.
36. Oestern H-J. Complications following fracture of a tooth. *Trauma und Berufskrankheit*. 2005;7(2):S271-S6.
37. Bucholz RW. Unstable hangman's fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1981(154):119-24.
38. Effendi B, Roy D, Cornish B, Dussault RG, Laurin CA. Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br*. 1981;63-b(3):319-27.
39. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J*. 1994;3(4):184-201.
40. Moskopp D. WH. Neurochirurgie - Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk. 2. ed. Stuttgart: Schattauer 2014. 1048; 838-839 p.
41. Hosten N, Liebig T. Computertomographie von Kopf und Wirbelsäule 2ed. Stuttgart: Thieme; 2007. 347 p.
42. Bühren V, Hofmeister M, Militz M, Potulski M. Indications for surgical management of injuries of the cervical spine. *Zentralblatt für Chirurgie*. 1998;123(8):907-13.
43. Beck A, Krischak G, Bischoff M. Vertebral injuries and spinal trauma. *Notfall + Rettungsmedizin*. 2009;12(6):469-79.
44. Kwan I, Bunn F, Roberts I. Spinal immobilisation for trauma patients. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2001(2):Cd002803.
45. Grifka J. Orthopädie und Unfallchirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag; 2011. 458 p.
46. Höntzsch D, Badke A, Kaps H-P. Frakturen und Luxationen der oberen Halswirbelsäule. *OP-JOURNAL*. 2001;17(02):132-9.
47. Giebel G, Enzler P, Tscherne H. The halo fixation device--possibilities for its use and dangers. *Der Unfallchirurg*. 1988;91(1):29-33.
48. Ulrich C, Bühren V. Verletzungen der Halswirbelsäule. *Orthopädie und Unfallchirurgie update*. 2006;1(05):415-41.

49. Jahna H, Wittich H. Konservative Methoden der Frakturbehandlung. Wien: Urban& Schwarzenberg; 1985.
50. Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine*. 2001;26(22):2467-71.
51. Matschke S, Krämer P, Wendl K, Grützner PA. Injuries of the subaxial cervical spine. *Trauma und Berufskrankheit*. 2015;17(2):307-14.
52. Vecsei V, Fuchs M, Gäbler C. Indikationen zum kombinierten dorsoventralen Vorgehen bei HWS-Verletzungen. *Osteosynthese international* 6. 1998:699-705.
53. Rosenfeld JF, Vaccaro AR, Albert TJ, Klein GR, Cotler JM. The benefits of early decompression in cervical spinal cord injury. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 1998;27(1):23-8.
54. Mirza SK, Krengel WF, 3rd, Chapman JR, Anderson PA, Bailey JC, Grady MS, et al. Early versus delayed surgery for acute cervical spinal cord injury. *Clin Orthop Relat Res*. 1999(359):104-14.
55. Papadopoulos SM, Selden NR, Quint DJ, Patel N, Gillespie B, Grube S. Immediate spinal cord decompression for cervical spinal cord injury: feasibility and outcome. *The Journal of trauma*. 2002;52(2):323-32.
56. Jaksche H, Schulz J. Spätkomplikationen nach operativen Eingriffen an der Halswirbelsäule. *Trauma und Berufskrankheit*. 2005;7(S02):S277-S80.
57. Erhart M, Wille N, Ravens-Sieberer U. Die Messung der subjektiven Gesundheit: Stand der Forschung und Herausforderungen. In: Richter M, Hurrelmann K, editors. *Gesundheitliche Ungleichheit: Grundlagen, Probleme, Konzepte*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften; 2006. p. 321-38.
58. Bullinger M. Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2000;43(3):190-7.
59. Gandek B, Ware JE, Aaronson NK, Alonso J, Apolone G, Bjorner J, et al. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability of the SF-36 in eleven countries: Results from the IQOLA Project. *J Clin Epidemiol*. 1998;51(11):1149-58.
60. The World Health Organization Quality of Life assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization. *Soc Sci Med*. 1995;41(10):1403-9.
61. Schumacher J, Klaiberg A, Brähler E, editors. *Diagnostik von Lebensqualität und Wohlbefinden—Eine Einführung. Diagnostische Verfahren zu Lebensqualität und Wohlbefinden* Göttingen: Hogrefe; 2003.
62. Neugebauer EAM, Tecic T. Quality of life after severe injuries. *Trauma und Berufskrankheit*. 2008;10(1):99-106.
63. Stel VS, Smit JH, Pluijm SM, Lips P. Consequences of falling in older men and women and risk factors for health service use and functional decline. *Age Ageing*. 2004;33(1):58-65.
64. Schnyder U, Morgeli H, Nigg C, Klaghofer R, Renner N, Trentz O, et al. Early psychological reactions to life-threatening injuries. *Crit Care Med*. 2000;28(1):86-92.
65. Zatzick DF, Kang SM, Muller HG, Russo JE, Rivara FP, Katon W, et al. Predicting posttraumatic distress in hospitalized trauma survivors with acute injuries. *Am J Psychiatry*. 2002;159(6):941-6.
66. Graubner B. ICD-10-GM 2014 Systematisches Verzeichnis. Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme 11. Revision - German Modification Version 2014 ed 2013.
67. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *The Journal of trauma*. 1974;14(3):187-96.
68. Lobenhoffer P, Tscherner H. Definition of complex trauma and general management principles. *Der Orthopäde*. 1997;26(12):1014-9.
69. Heberer G, Schweiberer L. *Indikation zur Operation*: Springer Berlin Heidelberg; 2013. 828 p.
70. Jones C. Glasgow coma scale. *Am J Nurs*. 1979;79(9):1551-3.

71. Teasdale GM. Head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1995;58(5):526-39.
72. Müller-Mai C, Axel E. *Frakturen- Klassifikation und Behandlungsoptionen*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag; 2010.
73. Uhl E, Zausinger S, Marz U, Rothwinkler M, Tonn JC. Surgical treatment of cervical spinal canal stenosis in elderly patients. *MMW Fortschritte der Medizin*. 2006;148(43):26-8.
74. Bullinger M. Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey. *Rehabilitation (Stuttg)*. 1996;35(3):XXVII-XXVII; quiz XXVII-XXIX.
75. Bullinger M. German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. *International Quality of Life Assessment. Soc Sci Med*. 1995;41(10):1359-66.
76. Ellert U, Bellach BM. The SF-36 in the Federal Health Survey--description of a current normal sample. *Gesundheitswesen*. 1999;61 Spec No:S184-90.
77. Bullinger M. *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung*. Hogrefe Verlag für Psychologie Göttingen Bern Toronto Seattle 1998
78. Ellert U, Kurth B-M. Methodological views on the SF-36 summary scores based on the adult German population. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2004;47(11):1027-32.
79. Gulliver P, Begg D. Personality factors as predictors of persistent risky driving behavior and crash involvement among young adults. *Inj Prev*. 2007;13(6):376-81.
80. Lenz B, Nobis C, Köhler K, Mehlin M, Follmer R, Gruschwitz D, et al. *Mobilität in Deutschland 2008*. Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. – Institut für Verkehrsforschung, 2010 2010. Report No.
81. Gleizes V, Jacquot FP, Signoret F, Feron JM. Combined injuries in the upper cervical spine: clinical and epidemiological data over a 14-year period. *Eur Spine J*. 2000;9(5):386-92.
82. Hadley MN, Browner C, Sonntag VK. Axis fractures: a comprehensive review of management and treatment in 107 cases. *Neurosurgery*. 1985;17(2):281-90.
83. Blauth M, Lange FU, Knop C, Bastian L. Vertebral fracture and treatment in elderly. *Der Orthopade*. 2000;29(4):302-17.
84. Kortmann H-R, Eggers C, Schofer M, Hax P-M. Diagnostik und Therapie der Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. *Trauma und Berufskrankheit*. 2000;2(3):134-47.
85. Robinson A-L, Möller A, Robinson Y, Olerud C. C2 Fracture Subtypes, Incidence, and Treatment Allocation Change with Age: A Retrospective Cohort Study of 233 Consecutive Cases. *BioMed Research International*. 2017;2017:8321680.
86. Young JW, Resnik CS, DeCandido P, Mirvis SE. The laminar space in the diagnosis of rotational flexion injuries of the cervical spine. *AJR Am J Roentgenol*. 1989;152(1):103-7.
87. Knop C, Blauth M, Bühren V, Hax P-M, Kinzl L, Mutschler W, et al. Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs. *Der Unfallchirurg*. 1999;102(12):924-35.
88. Ulrich C, Arand M, Nothwang J. Internal fixation on the lower cervical spine--biomechanics and clinical practice of procedures and implants. *Eur Spine J*. 2001;10(2):88-100.
89. Meyer F, Börm W, Thomé C. Die degenerative zervikale Spinalkanalstenose. *Dtsch Arztebl International*. 2008;105(20):366-72.
90. Backhaus M, Citak M, Kälicke T, Sobottke R, Russe O, Meindl R, et al. Wirbelsäulenfraktur bei ankylosierender Spondylitis. *Der Orthopade*. 2011;40(10):917.
91. Aebi M, Mohler J, Zach GA, Morscher E. Indication, surgical technique, and results of 100 surgically-treated fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1986(203):244-57.
92. Blauth M, Schmidt U, Dienst M, Knop C, Lobenhoffer P, Tscherner H. Langzeitergebnisse von 57 Patienten nach ventraler interkorporeller Spondylodese der unteren Halswirbelsäule. *Der Unfallchirurg*. 1996;99(12):925-39.

93. Vock B, Matschke S, Grützner PA, Wentzensen A. Erste Erfahrungen mit winkelstabilen Implantaten an der Halswirbelsäule. *Trauma und Berufskrankheit*. 2004;6(0):S35-S40.
94. Scherer M, Unterberg AW. Schädel-Hirn-Trauma. In: Marx G, Muhl E, Zacharowski K, Zeuzem S, editors. *Die Intensivmedizin*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015. p. 1031-43.
95. Coyne TJ, Fehlings MG, Wallace MC, Bernstein M, Tator CH. C1-C2 posterior cervical fusion: long-term evaluation of results and efficacy. *Neurosurgery*. 1995;37(4):688-92; discussion 92-3.
96. McGuire RA, Jr., Harkey HL. Primary treatment of unstable Jefferson's fractures. *J Spinal Disord*. 1995;8(3):233-6.
97. La Rosa G, Conti A, Cardali S, Cacciola F, Tomasello F. Does early decompression improve neurological outcome of spinal cord injured patients? Appraisal of the literature using a meta-analytical approach. *Spinal cord*. 2004;42(9):503-12.
98. Vaccaro AR, Daugherty RJ, Sheehan TP, Dante SJ, Cotler JM, Balderston RA, et al. Neurologic outcome of early versus late surgery for cervical spinal cord injury. *Spine*. 1997;22(22):2609-13.
99. Levi L, Wolf A, Rigamonti D, Ragheb J, Mirvis S, Robinson WL. Anterior decompression in cervical spine trauma: does the timing of surgery affect the outcome? *Neurosurgery*. 1991;29(2):216-22.
100. Clayton JL, Harris MB, Weintraub SL, Marr AB, Timmer J, Stuke LE, et al. Risk factors for cervical spine injury. *Injury*. 2012;43(4):431-5.
101. Hu R, Mustard CA, Burns C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. *Spine*. 1996;21(4):492-9.
102. Kayser R, Weber U, Heyde CE. Verletzungen des kraniozervikalen Übergangs. *Der Orthopäde*. 2006;35(3):244-69.
103. Nothwang J, Ulrich C. Operative Versorgung von HWS-Verletzungen. *Trauma und Berufskrankheit*. 2005;7(2):S263-S70.
104. Muller EJ, Wick M, Russe OJ, Palta M, Muhr G. Anterior screw fixation for odontoid fractures. *Der Unfallchirurg*. 2000;103(1):38-43.
105. Illgner A, Haas N, Blauth M, Tscherne H. The surgical treatment of injuries of the cervical spine. *Der Unfallchirurg*. 1989;92(8):363-72.
106. Schofer H-RKCEM. Diagnostik und Therapie der Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. *Trauma und Berufskrankheit*. 2000.
107. Grevitt M, Khazim R, Webb J, Mulholland R, Shepperd J. The short form-36 health survey questionnaire in spine surgery. *J Bone Joint Surg Br*. 1997;79(1):48-52.
108. Dvorak MF, Johnson MG, Boyd M, Johnson G, Kwon BK, Fisher CG. Long-term health-related quality of life outcomes following Jefferson-type burst fractures of the atlas. *J Neurosurg Spine*. 2005;2(4):411-7.
109. He W, Qian Y, Zhang J, Xu GJ, Weng D, Zhao XF, et al. Effects of cervical vertebrae degeneration on traumatic cervical cord injury. *Zhongguo Gu Shang*. 2012;25(9):737-42.
110. Vaccaro AR, Kepler CK, Kopjar B, Chapman J, Shaffrey C, Arnold P, et al. Functional and quality-of-life outcomes in geriatric patients with type-II dens fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(8):729-35.
111. Ellert U, Bellach M-B. Der SF-36 im Bundes-Gesundheitssurvey - Beschreibung einer aktuellen Normstichprobe. *Gesundheitswesen* 61 Sonderheft.
112. Rivers CS, Fallah N, Noonan VK, Whitehurst DG, Schwartz CE, Finkelstein JA, et al. Health Conditions: Effect on Function, Health-Related Quality of Life, and Life Satisfaction After Traumatic Spinal Cord Injury. A Prospective Observational Registry Cohort Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017.
113. Findler M, Cantor J, Haddad L, Gordon W, Ashman T. The reliability and validity of the SF-36 health survey questionnaire for use with individuals with traumatic brain injury. *Brain Inj*. 2001;15(8):715-23.
114. Weinzierl MR, Hütter O, Gilsbach JM. Predictors for the health-related quality of life after head injury. *Notfall & Rettungsmedizin*. 2002;5(5):341-4.

115. Pirente N, Gregor A, Bouillon B, Neugebauer E. Lebensqualität schwerstverletzter Patienten ein Jahr nach dem TraumaEine Matched-pair-Studie im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe. *Der Unfallchirurg*. 2001;104(1):57-63.
116. Zettl RP, Ruchholtz S, Waydhas C, Nast-Kolb D. Langzeitergebnisse nach Polytrauma: Standardisierte Messung der Lebensqualität mit GOS, EuroQuol und SF-36. In: Rothmund M, Jauch KW, Bauer H, editors. *Chirurgisches Forum 2005: für experimentelle und klinische Forschung 122 Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie Berlin, 0504–08042005*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2005. p. 17-9.
117. Sprangers MA, Schwartz CE. Integrating response shift into health-related quality of life research: a theoretical model. *Soc Sci Med*. 1999;48(11):1507-15.

## 6 Anhang

### Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand SF 36

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl im Kästchen ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft. ( Beispiel :  x.)

1. Wie würden Sie ihren Gesundheitszustand im allgemeinen beschreiben?	Ausgezeichnet <input type="checkbox"/> 1.	Sehr gut <input type="checkbox"/> 2.	Gut <input type="checkbox"/> 3.	Weniger gut <input type="checkbox"/> 4.	Schlecht <input type="checkbox"/> 5.
--	--	---	------------------------------------	--	---

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	Derzeit viel besser <input type="checkbox"/> 1.	Derzeit etwas besser <input type="checkbox"/> 2.	Etwa wie vor einem Jahr <input type="checkbox"/> 3.	Derzeit etwas schlechter <input type="checkbox"/> 4.	Derzeit viel schlechter <input type="checkbox"/> 5.
--	--	---	--	---	--

Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?			
3.a. <b>anstrengende Tätigkeiten</b> , z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	<input type="checkbox"/> 1.	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.
3.b. <b>mittelschwere Tätigkeiten</b> , z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	<input type="checkbox"/> 1.	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.
3.c. Einkaufstaschen heben oder tragen	<input type="checkbox"/> 1.	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.
3.d. <b>mehrere</b> Treppenabsätze steigen	<input type="checkbox"/> 1.	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.
3.e. <b>einen</b> Treppenabsatz steigen	<input type="checkbox"/> 1.	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.
3.f. sich beugen, knien, bücken	<input type="checkbox"/> 1.	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.
3.g. <b>mehr als 1 Kilometer</b> zu Fuß gehen	<input type="checkbox"/> 1.	<input type="checkbox"/> 2.	<input type="checkbox"/> 3.

3.h. <b>mehrere</b> Straßenkreuzungen weit zu Fuß Gehen	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>
3.i. <b>eine</b> Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>
3.j. sich baden oder anziehen	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund ihrer <b>körperlichen</b> Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja	Nein
4.a. Ich konnte nicht <b>so lange</b> wie üblich tätig sein	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
4.b. Ich hab <b>weniger geschafft</b> als ich wollte	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
4.c. Ich konnte <b>nur bestimmte Dinge</b> tun	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
4.d. Ich hatte <b>Schwierigkeiten</b> bei der Ausführung	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund <b>seelischer</b> Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause ( z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich gefühlt haben)?	Ja	Nein
5.a. Ich konnte nicht <b>so lange</b> wie üblich tätig sein	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
5.b. Ich hab <b>weniger geschafft</b> als ich wollte	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
5.c. Ich konnte <b>nicht so sorgfältig</b> wie üblich arbeiten	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme <i>in den vergangenen 4 Wochen</i> Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>	<input type="text" value="4."/>	<input type="text" value="5."/>

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen Wochen ?	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
---	-----------------	-------------	--------	-------	-------	------------

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
--	----	----	----	----	----	----

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?	Überhaupt nicht	Ein bisschen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
	1.	2.	3.	4.	5.

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist ( Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht)	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
9. Wie oft waren sie in den vergangenen 4 Wochen						
9.a. ... voller Schwung?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.b. ... sehr nervös?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.c. ... so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheitern konnte?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.d. ... ruhig und gelassen?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.e. ... voller Energie?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.f. ... entmutigt und traurig?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.g. ...erschöpft?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.h. ...glücklich?	1.	2.	3.	4.	5.	6.
9.i. ...müde?	1.	2.	3.	4.	5.	6.

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen ( Besuche der Freunde, Verwandte usw.) beeinträchtigt?	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
	1.	2.	3.	4.	5.

11. Inwieweit trifft <i>jede</i> der folgenden Aussagen auf Sie zu?	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
11.a. Ich schein etwas leichter als andere krank zu werden	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>	<input type="text" value="4."/>	<input type="text" value="5."/>
11.b. Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>	<input type="text" value="4."/>	<input type="text" value="5."/>
11.c. Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>	<input type="text" value="4."/>	<input type="text" value="5."/>
11.d. Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>	<input type="text" value="3."/>	<input type="text" value="4."/>	<input type="text" value="5."/>

12. Leiden Sie seit dem Vorfall an der Halswirbelsäule an folgenden Symptomen?	Ja	Nein
12.a. Kopfschmerzen	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
12.b. Nackenschmerzen	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
12.c. Einschränkung der Beweglichkeit der Halswirbelsäule	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
12.d. Konzentrationsschwierigkeiten	<input type="text" value="1."/>	<input type="text" value="2."/>
12.e. Andere ( bitte nutzen Sie das leere Feld zum Schreiben)		

## 7 Danksagung

Herrn Professor Dr. H.-J. Steiger danke ich für die Möglichkeit, diese Arbeit in der Neurochirurgischen Klinik verwirklichen zu können.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Dr. J.-F. Cornelius für seine stetige motivierende Unterstützung und freundliche Betreuung. Seine Ratschläge waren beim Fertigstellen dieser Arbeit eine große Hilfe.

Danke für die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung durch die Statistiker von .05.

Ebenso bedanke ich mich bei den MitarbeiterInnen der Neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikum Düsseldorf, die durch ihre Hilfsbereitschaft zur Erstellung dieser Arbeit beigetragen haben.

Nicht zuletzt bedanke ich mich von Herzen bei meinen Eltern, meinen Geschwistern Samira Abdeluahid und Halim El Marhoumi sowie meinen Freundinnen Hilal Aydin und Saida Seghaoui für ihre liebevolle und tatkräftige Unterstützung.