

Aus der
Radiologischen Universitätsklinik Tübingen
Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie

**Isolierte posttraumatische CT-Diagnostik von Schädel und
HWS an einem überregionalen Traumazentrum –
Epidemiologie, Indikation und Häufigkeit akuter
Traumafolgen**

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

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

**vorgelegt von
Litterst, Felix**

2025

Dekan:	Professor Dr. B. Pichler
1. Berichterstatter:	Professor Dr. F. Springer
2. Berichterstatter:	Privatdozent Dr. S. Döbele

Tag der Disputation: 15.08.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Erzeugung von Röntgenstrahlung und Wirkungen auf den Organismus	10
1.2	Computertomografie	11
1.3	Schädel-Hirn-Trauma	12
1.3.1	Subarachnoidalblutung	16
1.3.2	Epiduralblutung (Epiduralhämatom)	17
1.3.3	Subduralblutung (Subduralhämatom)	18
1.3.4	Kalottenfrakturen	19
1.4	Indikationen zur Bildgebung beim Schädel-Hirn-Trauma	19
1.4.1	„Canadian CT Head Rule“	20
1.4.2	„New Orleans Criteria“	21
1.5	Verletzungen der Halswirbelsäule	21
1.5.1	Frakturen der oberen Halswirbelsäule	22
1.5.2	Frakturen der unteren Halswirbelsäule	23
1.6	Indikationen zur Bildgebung bei traumatischen Verletzungen der HWS	23
1.6.1	„National Emergency X-Radiography Utilization Study“ (NEXUS)	24
1.6.2	„Canadian C-Spine Rule“(CCR)	25
1.7	Ziel der Arbeit	27
1.7.1	Fragestellung	27
2	Material und Methoden	28
2.1	Genehmigung der Ethikkommission	28
2.2	Patienten	28
2.3	Erfasste Parameter und Daten	30
2.3.1	Epidemiologie	31
2.3.2	Unfallmechanismus	31
2.3.3	Klinische Angaben und Untersuchungsbefunde	33
2.3.4	Verletzungen des Schädels bzw. des Gehirns	37
2.3.5	Verletzungen/Befunde der HWS	38
2.4	Statistische Auswertung	39
3	Ergebnisse	40

3.1	Deskriptive Statistik	40
3.1.1	Patientenzahlen	40
3.1.2	Geschlechterverteilung	41
3.1.3	Altersverteilung	41
3.1.4	Unfallmechanismus	43
3.1.5	Gerinnungswirksame Medikamente/Erkrankungen	46
3.1.6	Intoxikation	46
3.1.7	Amnesie	47
3.1.8	Bewusstlosigkeit	47
3.1.9	Erbrechen in zeitlichem Zusammenhang mit dem Trauma	47
3.1.10	Klinische Hinweise auf Kopfverletzungen	48
3.1.11	Schmerzen im Bereich der HWS und der umliegenden Muskulatur	49
3.1.12	(Schmerzhafte) Bewegungseinschränkung der HWS	49
3.1.13	Sensibilitätsstörungen	49
3.1.14	Motorische Ausfälle	50
3.1.15	Extremitätentrauma	50
3.1.16	Degenerative Veränderungen der Halswirbelsäule	51
3.1.17	Traumafolgen	52
3.1.18	Indikationen zur Bildgebung	60
3.2	Analytische Statistik	63
3.2.1	Hypothese 1: Mit zunehmendem Lebensalter steigt die Wahrscheinlichkeit für eine Traumafolge im CT	64
3.2.2	Hypothese 2: Patienten über 65 Jahren haben eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden als jüngere Patienten	65
3.2.3	Hypothese 3: Die Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden, hängt vom Geschlecht ab	65
4	Diskussion	67
4.1	Qualität der Daten	67
4.2	Patientenzahlen im Verlauf der Jahre	68
4.3	Epidemiologie des Patientenkollektivs	69
4.4	Unfallmechanismus	71
4.5	Klinische Hinweise auf ein Schädel-Hirn-Trauma	73
4.6	Klinische Hinweise auf ein Trauma der Halswirbelsäule	78

4.7	Traumafolgen	80
4.8	Indikationen zur Bildgebung	84
4.9	Diskussion der Hypothesen	87
5	Zusammenfassung	89
6	Literaturverzeichnis	91
7	Erklärung zum Eigenanteil	97
8	Danksagung	98

Abkürzungsverzeichnis

ADP	Adenosin-Di-Phosphat
ASS	Acetylsalicylsäure
BG	Berufsgenossenschaft
CCR	Canadian C-Spine Rule
CCT	Craniale Computertomografie
CT	Computertomografie
DNA	Desoxyribonucleinacid
GCS	Glasgow-Coma-Scale
HWS	Halswirbelsäule
NEXUS	National Emergency X-Radiography Utilization Study
NMH	Niedermolekulare Heparine
NOAK	Neue-Orale-Antikoagulanzen
OP	Operation
pDMS	Periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität
SHT	Schädel-Hirn-Trauma

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geschlechterverteilung in den Untersuchungsjahren. In der Spalte "Geschlecht" steht jeweils die Anzahl der Patienten im jeweiligen Zeitraum und in Klammern die entsprechende Prozentzahl.	41
Tabelle 2: Übersicht über die Häufigkeit der verschiedenen Unfallmechanismen in den Untersuchungsjahren	44
Tabelle 3: Anzahl der Patienten mit gerinnungswirksamer Medikation oder Erkrankung im Gesamt-Zeitraum.....	46
Tabelle 4: Extremitäten Trauma im Vergleich der untersuchten Jahre	51
Tabelle 5: Patienten mit kombinierter HWS und Schädelverletzung im Untersuchungsjahr 2018	58
Tabelle 6: Patienten mit kombinierter HWS und Schädel Verletzung im Untersuchungsjahr 2014	59
Tabelle 7: Patienten mit kombinierter HWS und Schädel Verletzung im Untersuchungsjahr 2010	59
Tabelle 8: Indikationen zur Bildgebung nach der Canadian CT Head Rule	60
Tabelle 9: Indikationen zur Bildgebung nach den New Orleans Kriterien	61
Tabelle 10: Indikationen zur Bildgebung nach den NEXUS Kriterien	62
Tabelle 11: Indikationen zur Bildgebung nach der Canadian C-Spine Rule.....	63
Tabelle 12: Chi-Quadrat-Test Hypothese 1	64
Tabelle 13: Chi-Quadrat-Test Hypothese 2.....	65
Tabelle 14: Chi-Quadrat-Test Hypothese 3	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Röntgenröhre, X=Röntgenstrahlen, K=Kathode, A=Anode, W _{in/out} =Wassereingang/-ausgang, C=Kühler, U _a =Anodenspannung, U _h =Kathodenheizspannung	10
Abbildung 2: CT der dritten Generation.....	12
Abbildung 3: Glasgow Coma Scale [1, 2].....	14
Abbildung 4: Typisches CCT-Bild einer traumatischen Subarachnoidalblutung [5].....	16
Abbildung 5: CCT-Bild eines Epiduralhämatoms [4].....	17
Abbildung 6: Subduralhämatom mit Herniation	18
Abbildung 7: Canadian C-Spine Rule [3].....	26
Abbildung 8: Balkendiagramm Patienten zahlen nach Untersuchungsjahr	40
Abbildung 9: Balkendiagramm Altersverteilung des Patientenkollektivs über den Gesamt-Zeitraum	42
Abbildung 10: Populationspyramide nach Alter und Geschlecht für den Gesamt-Zeitraum	42
Abbildung 11: Balkendiagramm zur Übersicht über die Häufigkeit der verschiedenen Unfallmechanismen im Gesamt-Zeitraum.....	43
Abbildung 12: Balkendiagramm über die Häufigkeit der verschiedenen Sturzereignisse im Gesamt-Zeitraum.....	44
Abbildung 13: Balkendiagramm über die Art der Unfallbeteiligung von Patienten mit Verkehrsunfall im Gesamt-Zeitraum.....	45
Abbildung 14: Anzahl der verschiedenen Ausprägungen der Variable Amnesie	47
Abbildung 15: Klinische Hinweise auf Kopfverletzungen	48
Abbildung 16: Verschiedene Ausprägungen der Variable Extremitätentrauma	50
Abbildung 17: Anzahl der detektierten Traumafolgen in den untersuchten Jahren	52
Abbildung 18: Balkendiagramm mit der relativen Häufigkeit von Traumafolgen je nach Untersuchungsjahr. Beschriftung in den Balken mit Prozentzahl und absoluter Anzahl an Untersuchungen mit Traumafolge.	53
Abbildung 19: Anzahl der intracraniellen Blutungen in den untersuchten Jahren.....	54
Abbildung 20: Anzahl der unterschiedlichen intracraniellen Blutungsarten.....	55
Abbildung 21: Traumafolgen der HWS in den untersuchten Jahren.....	56

Abbildung 22: Balkendiagramm mit den Frakturen der subaxialen HWS in den untersuchten Jahren	57
Abbildung 23: Balkendiagramm mit den Frakturen der oberen HWS in den untersuchten Jahren.....	57

1 Einleitung

Das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) ist mit ca. 332 SHT pro 100.000 Einwohner im Jahr eine sehr häufige Folge von Unfällen in Deutschland. Rechnet man die oben genannten Zahlen auf die deutsche Gesamtbevölkerung hoch, so erleiden über 248.000 Patienten jährlich eine solche Verletzung, hiervon versterben ca. 2750 Patienten [6]. Klar dürfte bei diesen Dimensionen auch sein, dass die gesamtgesellschaftlichen Kosten durch die Versorgung dieser Patienten enorm sind. Rickels et al. sprechen in ihrem Buch über Kosten in Höhe von ca. 2,8 Mrd. Euro im Jahr für das deutsche Gesundheitssystem [6].

Ebenso relevant für das Gesundheitssystem sind Verletzungen der Wirbelsäule. Zahlenmäßig sind sie mit 64 Fällen pro 100.000 Einwohner im Jahr zwar nicht so häufig wie die Schädel-Hirn-Traumata [7], allerdings sind die Folgen für das Leben der Patienten und das Gesundheitssystem ebenfalls immens. Da zwischen 19% und 51% aller Wirbelsäulenverletzungen die Halswirbelsäule (HWS) betreffen und die Verletzungen in diesem Bereich besonders folgenschwer für die Patienten sind, wird auf diese ein besonderes Augenmerk gelegt [8].

Ungefähr 15% aller Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma haben begleitende Verletzungen der Wirbelsäule und/oder des kranio cervicalen Übergangs [9]. Umgekehrt haben Patienten mit HWS Verletzungen in ca. 24% der Fälle ebenfalls eine Verletzung des Schädels [10]. In einer Single-Center-Studie aus den USA hatten 6% aller Patienten mit primärem Schädel-Hirn-Trauma auch eine Verletzung der Halswirbelsäule und 22% der Patienten mit primärer Verletzung der Halswirbelsäule hatten ebenfalls ein Schädel-Hirn-Trauma [11]. Ursachen für die große gemeinsame Schnittmenge an Patienten, die eine gleichzeitige Verletzung beider Körperbereiche aufweisen, sind die enge anatomische Nähe und die Art des Verletzungsmechanismus.

Der bildgebenden Diagnostik von Schädel-Hirn- sowie Halswirbelsäulenverletzungen kommt im klinischen Alltag der Notfallambulanzen daher eine große Bedeutung zu. Nicht zuletzt, weil übersehene Unfallfolgen schwerwiegende Konsequenzen wie Querschnittslähmung oder andere Behinderungen für die Patienten nach sich ziehen können. Aus diesem Grund ist es in der BG Klinik Tübingen aktuell gängige Praxis, Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma oder vermuteter Verletzung der Halswirbelsäule einer gleichzeitigen bildgebenden Untersuchung beider Körperregionen zu unterziehen.

Die Schnittbilddiagnostik mittels Computertomografie (CT) ist dabei häufig die Methode der Wahl. Für die Diagnostik von traumatisch bedingten Schädel-Hirn-Verletzungen ist sie das etablierte Standardverfahren [12], für die Diagnostik von Verletzungen der Halswirbelsäule gibt es gute Gründe, die für die Ablösung der konventionellen Röntgendiagnostik durch das CT sprechen [13].

Die Bedeutung der Computertomografie ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Zwischen 2007 und 2014 stieg die Häufigkeit von CT-Untersuchungen um 40% an [14]. Allerdings nahm mit der Häufigkeit auch die Strahlenbelastung zu. So stieg im oben genannten Zeitraum die mittlere effektive Strahlendosis verursacht durch die Computertomografie pro Einwohner um 30%, wobei die mittlere effektive Dosis pro CT-Untersuchung im Jahr 2014 knapp 7mSv betrug [14]. Die einfache Verfügbarkeit und der geringe Zeitaufwand einer solchen Untersuchung senken die Hemmschwelle für die Durchführung und reduzieren die Rate an stationären Aufnahmen zur 24h-Überwachung. Da diese Form der CT-Bildgebung jedoch mit einer nicht unerheblichen Strahlenbelastung einhergeht, sollte die Indikation einer solchen Untersuchung genau überprüft werden. Wichtige Hinweise auf die Notwendigkeit der Computertomografie können die Epidemiologie derartiger Verletzungen, der Traumamechanismus und die klinische Untersuchung liefern.

1.1 Erzeugung von Röntgenstrahlung und Wirkungen auf den Organismus

Die Technik der Computertomografie fußt auf der Untersuchungsmethode des konventionellen Röntgens. Herzstück beider Anlagen ist die Röntgenröhre. Diese Röntgenröhre erzeugt mit Hilfe einer angelegten Spannung elektromagnetische Wellen, die so genannten Röntgenstrahlen. Dabei wird an die Kathode, welche meist aus dem sehr hitzestabilen Metall Wolfram besteht, eine Heizspannung angelegt. Die Wärmeentwicklung der Heizspannung regt die Elektronen in der Kathode an, wodurch sie aus dem Metall austreten. Gegenüber der Kathode befindet sich die Anode. Zwischen Kathode und Anode ist eine so genannte Beschleunigungsspannung angelegt. Diese sorgt dafür, dass die aus der Kathode ausgetretenen Elektronen in Richtung der Anode beschleunigt werden. Sobald die Elektronen auf die Anode treffen, werden sie abgebremst, es entsteht die hochenergetische Bremsstrahlung. Diese Bremsstrahlung wird in Form von Röntgenstrahlen zu allen Seiten hin abgegeben. Durch eine Blende wird die Röntgenstrahlung auf das zu durchleuchtende Objekt fokussiert und die Streustrahlung wird so gering wie möglich gehalten. Die Energie der Röntgenstrahlung kann durch eine Modifikation der Beschleunigungsspannung oder des Anodenmaterials von weicher bis zu harter Strahlung verändert werden. [15, 16]

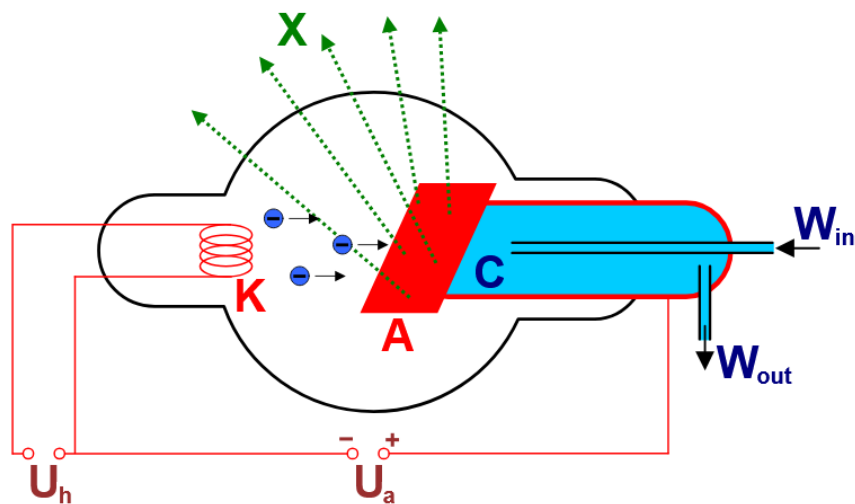


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Röntgenröhre, X=Röntgenstrahlen, K=Kathode, A=Anode, $W_{in/out}$ =Wassereingang/-ausgang, C=Kühler, U_a =Anodenspannung, U_h =Kathodenheizspannung

(Hmilch, Public domain, via Wikimedia Commons: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roentgen-Roehre.svg>)

Die entstehende Röntgenstrahlung ist ionisierend [17]. Das heißt, sie kann beim Auftreffen auf andere Atome ihre Energie an diese abgeben. Dies hat zur Folge, dass Elektronen aus den Schalen der Atome herausschlagen werden oder chemische Verbindungen zwischen Atomen aufgebrochen werden. Die getroffenen Atome sind dann elektrisch geladen, also ionisiert. Hierbei besteht die Gefahr, dass reaktive Radikale gebildet werden, welche die Zellen und den gesamten Organismus schädigen können. Durch die eher geringen Dosen in der medizinischen Anwendung der Röntgentechnik, sind insbesondere DNA-Veränderungen in einzelnen Zellen von Relevanz. Aufgrund dieser Gefahren sollte die Strahlendosis für Patienten und Anwender so gering wie möglich gehalten werden. Durch eine strenge, individuelle Indikationsstellung und die Anwendung allerlei Sicherheits- und Messvorrichtungen kann dies zuverlässig erreicht werden. [18]

1.2 Computertomografie

Die Computertomografie (CT) ist eine Weiterentwicklung der konventionellen Röntgentechnik. Sie wurde 1968 von Godfrey Hounsfield und Allan McLeod Cormack entwickelt und ist ein Verfahren der Schnittbildgebung. Ein CT-Gerät besteht aus einer Röntgenröhre mit gegenüberliegendem Detektor, einem Patientenlagerungstisch, einem Bedienpult und einem Computer. Bei Geräten der neueren Generation rotiert die Röntgenröhre und der gegenüberliegende Detektor kreisförmig um den Patienten, während der Lagerungstisch zeitgleich mit der Rotation der Röntgenröhre kontinuierlich vorgeschoben wird (Spiral-CT). Durch die Aufnahme der Strukturen aus verschiedenen Richtungen entstehen viele einzelne Schichten. Aus den zweidimensionalen Aufnahmen kann der Computer ein dreidimensionales Bild der darzustellenden Struktur errechnen. Durch die technischen Entwicklungen der neueren Zeit können CT-Untersuchungen des gesamten Körpers in sehr kurzer Zeit durchgeführt werden. Diese Tatsache und die große Verfügbarkeit von CT-Geräten machen die Computertomografie zu der Bildgebungsmethode der Wahl in Notfallsituationen. [19]

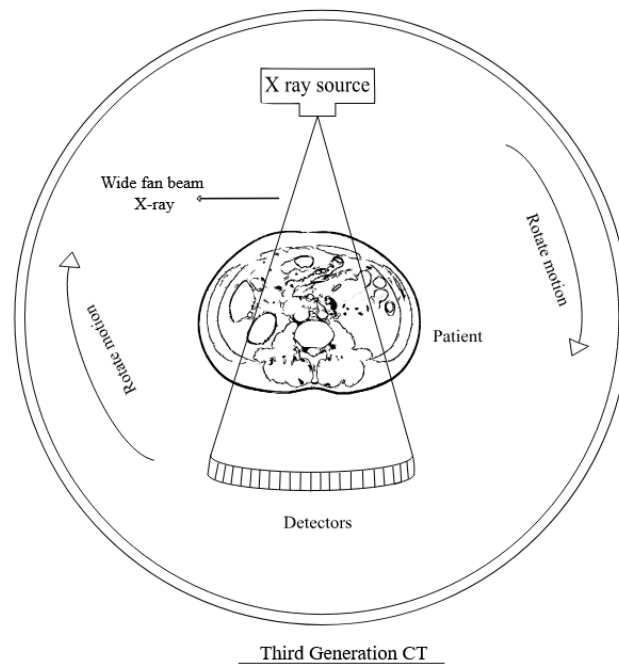


Abbildung 2: CT der dritten Generation

(511KeV, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>>, via Wikimedia Commons)

1.3 Schädel-Hirn-Trauma

Nach der Leitlinie für die Versorgung von Schädel-Hirn-Verletzungen, beschreibt der Begriff Schädel-Hirn-Trauma (SHT) eine Verletzung des Gehirns durch Gewalteinwirkung auf den Kopf. Dabei können neben Verletzungen des Gehirns auch die Kopfschwarte, der knöchernen Schädel oder sonstige umgebenden Strukturen betroffen sein. Bleibt die Dura mater unversehrt und damit der Liquorraum geschlossen, spricht man von einem geschlossenen Schädel-Hirn-Trauma. Besteht eine Verbindung zwischen Liquorraum und Außenwelt durch eine Verletzung der Dura mater, spricht man von einem offenen Schädel-Hirn-Trauma. [9]

Das Schädel-Hirn-Trauma ist mit einer Inzidenz von 332 SHT/ 100.000 Einwohner pro Jahr über alle Schweregrade hinweg eine sehr häufige Unfallfolge in Deutschland [6]. Es wird geschätzt, dass weltweit bis zu 50 Millionen Patienten jährlich ein SHT erleiden. [20].

Der Altersgipfel dieser Patienten liegt weit über dem 60. Lebensjahr [21]. Eine zweite Häufung von Schädelhirntraumata ist jedoch auch im Alter zwischen 20 und 39 Jahren zu beobachten [22], in Deutschland sind vor allem Männer im Alter zwischen 20 und 25 Jahren betroffen [6]. Global betrachtet ist das SHT nach wie vor der häufigste Grund für Tod und Behinderung bei Personen zwischen 29 und 45 Jahren [21] und führt bei

Betroffenen zu körperlichen, psychischen, emotionalen und kognitiven Einschränkungen und schweren Einschnitten in der Lebensgestaltung der Patienten und ihrer Familien [20]. Männer sind in Deutschland je nach betrachteter Studie 1,4 bis 2,7-mal häufiger von Schädel-Hirn-Traumata betroffen als Frauen [21, 23-25]. Auch in mehreren US-amerikanischen Notaufnahmen hatten über alle Schweregrade hinweg betrachtet Männer einen höheren Anteil an traumatischen Schädel-Hirn-Verletzungen als Frauen. Vor allem Patienten über 75 Jahren hatten die höchsten Raten an stationären Aufnahmen oder Tod durch ein SHT [26].

Aufgrund des häufig jungen Alters der Patienten und der einschneidenden Folgen einer schweren Schädel-Hirn-Verletzung sind die gesamtgesellschaftlichen Kosten durch den Verlust von Arbeitsjahren sehr hoch. Rickels et al. zufolge betragen die jährlichen Gesamtkosten für das Gesundheitssystem in Deutschland bis zu 2,8 Mrd. Euro [6]. Global betrachtet werden die wirtschaftlichen Gesamtkosten mit 400 Mrd. US-Dollar jährlich beziffert [20].

Eingeteilt wird das Schädel-Hirn-Trauma zumeist mit Hilfe des Glasgow-Coma-Scale in leicht (GCS 13-15), mittel (GCS 9-12) und schwer (GCS 3-8) [27]. In der Untersuchung von Rickels et. al in zwei großen Zentren in Norddeutschland waren über 90% der SHT als leicht einzustufen, lediglich 5,2% waren schwer. Die Mortalität über alle Schweregrade hinweg liegt in Deutschland bei ca. 1% [6]. Betrachtet man isoliert die als schwer einzustufenden SHT, liegt die Mortalität laut Maegele et al. bei 45,8% [25].

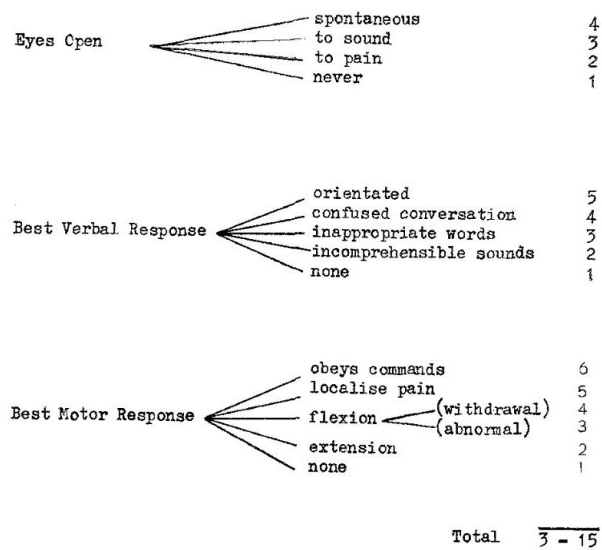


Abbildung 3: Glasgow Coma Scale [1, 2]

Die häufigsten Ursachen für ein SHT haben sich im Laufe der Zeit gewandelt. Führten früher noch hauptsächlich Verkehrsunfälle die Statistik zu traumatischen Schädel-Hirn-Verletzungen an, so sind es heute weitestgehend Stürze. Vor allem bei älteren Patienten und bei Kindern sind Stürze die Hauptursache, bei der Gruppe der jungen Erwachsenen sind es jedoch nach wie vor Verkehrsunfälle [28].

Bei den Verletzungsfolgen durch ein Schädel-Hirn-Trauma kann unterschieden werden zwischen primärem und sekundärem Hirnschaden. Der Primärschaden entsteht dabei direkt im Moment der Gewalteinwirkung auf den Schädel und das darunter liegende Gewebe und hat zum einen komplett zerstörte und zum anderen nur funktionsgestörte Zellen und Neuronen zur Folge. Funktionsgestörte Zellen können unter Umständen ihre Funktion wiedererlangen, zerstörte Zellen sind unwiederbringlich verloren. Der sekundäre Hirnschaden entsteht durch Prozesse, die nach dem Primärschaden einsetzen und kann gegebenenfalls durch entsprechende therapeutische Maßnahmen verhindert bzw. minimiert werden [9, 29].

Typische Traumafolgen eines Schädel-Hirn-Traumas können Verletzungen des Hirnparenchyms, der Weichteile, der Blutgefäße und des Knochens sein. So bedingen zum Beispiel Verletzungen an Gefäßen epi- oder subdurale Hämatomate und Subarachnoidal- oder Parenchymlutungen [30].

Die Symptome einer Schädel-Hirn-Verletzung sind sehr vielfältig und unterscheiden sich je nach Schwere des Traumas erheblich. In der deutschen Leitlinie für die Versorgung des Schädel-Hirn-Traumas im Erwachsenenalter werden folgende Symptome differenziert [9]:

Subjektive Störungen: Kopfschmerzen, Benommenheitsgefühl, Übelkeit, Schwindel, Doppelbilder, Schwerhörigkeit

Objektive Verletzungszeichen: Schwellung, Blutung, Riss- oder Platzwunden, Skalpierung, Deformitäten des Schädels, Austritt von Blut, Liquor oder Hirngewebe, Blutung aus Mund, Nase oder Ohr

Hinweise auf eine Störung des Nervensystems: Amnesie, Wachheitsstörungen, Orientierungsstörungen, Erbrechen, Lähmungen, Sprach- und/oder Koordinationsstörungen, Hirnnervenstörungen, Krampfanfälle, Streckkrämpfe, vegetative Störungen

Bezüglich möglicher Bewusstseinsstörungen weisen die Autoren der Leitlinie daraufhin, dass diese immer ein Ausdruck einer Funktionsstörung des Gehirns sind. Es werden zwischen einer Bewusstseinsstörung und einer Bewusstlosigkeit (Koma) unterschieden. Die Bewusstseinsstörung stellt einen Zustand reduzierter Wachheit, mit eingeschränkter oder fehlender Orientierung zu Zeit, Ort und Person dar, bei welchem die Augen allerdings geöffnet werden können. Die Bewusstlosigkeit ist ein Zustand, in welchem der Patient nicht erweckbar ist, seine Augen weder spontan noch auf Schmerzreiz hin öffnet, keine Aufforderungen befolgt, spontane Bewegungen allerdings möglich sind. In der Glasgow-Coma-Scale entspricht dieser Zustand Werten unter 8 Punkten [1, 2, 9].

Aufgrund der typischen Unfallmechanismen wie Sturz oder Verkehrsunfall, erleiden die Patienten zusätzlich auch Verletzungen anderer Körperregionen. Insbesondere bei mittelschweren bis schweren Schädel-Hirn-Traumata konnte eine hohe Rate an Begleitverletzungen festgestellt werden. In einer Studie aus Österreich zeigten insgesamt 47,5% der Patienten mit mittelschwerem oder schwerem SHT Begleitverletzungen. 24,9% hatten Thoraxverletzungen, 21,6% Gesichtsverletzungen, 20,1% Extremitätenverletzungen und 7,6% Wirbelsäulenverletzungen [31].

1.3.1 Subarachnoidalblutung

Eine Subarachnoidalblutung ist eine Blutung in den kraniellen und/oder spinalen Liquorraum [32]. Die Mehrzahl der **nicht-traumatischen** Subarachnoidalblutungen sind auf spontan rupturierte, intrakranielle Gefäßanomalien, vor allem Aneurysmen, zurückzuführen. Eine SAB kann jedoch auch **traumatisch** bedingt sein, also durch ein Schädel-Hirn-Trauma ausgelöst werden. Hierbei werden Blutgefäße im Subarachnoidalraum zerstört oder das Blut gelangt durch kortikal gelegene, kleine Kontusionsherde in den Liquorraum [5]. Dies führt zu einer Erhöhung des intrakraniellen Drucks. Traumatische Subarachnoidalblutungen treten insbesondere bei mittleren bis schweren Schädelhirnverletzungen auf, betroffen sind zwischen 33-60% aller Patienten mit SHT [33]. Häufig kommt die Subarachnoidalblutung in Verbindung mit anderen, schweren intrazerebralen Läsionen vor, zum Beispiel der Kontusionsblutung oder dem Subduralhämatom [34]. In der kranialen Computertomografie stellt sich die Subarachnoidalblutung als diskrete Dichteanhebung im Liquorraum dar. Der Nachweis ist nicht immer einfach, in den ersten Stunden nach dem Trauma ist er am einfachsten, je länger das Ereignis zurück liegt, desto schwieriger wird er [35].

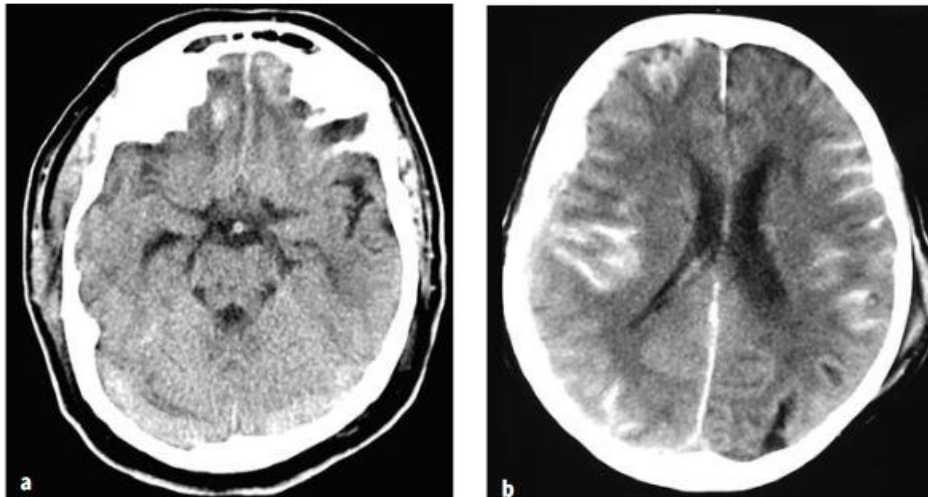


Abbildung 4: Typisches CCT-Bild einer traumatischen Subarachnoidalblutung [5]

1.3.2 Epiduralblutung (Epiduralhämatom)

Bei der Epiduralblutung handelt es sich um eine arterielle Einblutung zwischen die Dura mater und die Schädelkalotte durch traumatische Gewalteinwirkung auf den Schädel. Häufig kommt es dabei zu einer Zerstörung von Ästen der Arteria meningea media. Durch die arterielle Blutung kann es schnell zu einem Anstieg des Hirndrucks kommen [36]. Das Epiduralhämatom hat etwa einen Anteil von 22-29% an allen intrakraniellen Blutungen [4]. In einer australischen Studie an Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 bis 24 Jahren hatten 75% der Patienten mit Epiduralblutung eine Kalottenfraktur in Folge des Traumas erlitten und bei 40% der Patienten mit EDH wurde eine neurochirurgische Operation durchgeführt [37]. Im CCT zeigt sich das Epiduralhämatom als scharf begrenzte, bikonvexe Hyperdensität, welche die Tabula interna und die Suturen nicht überschreitet [36].

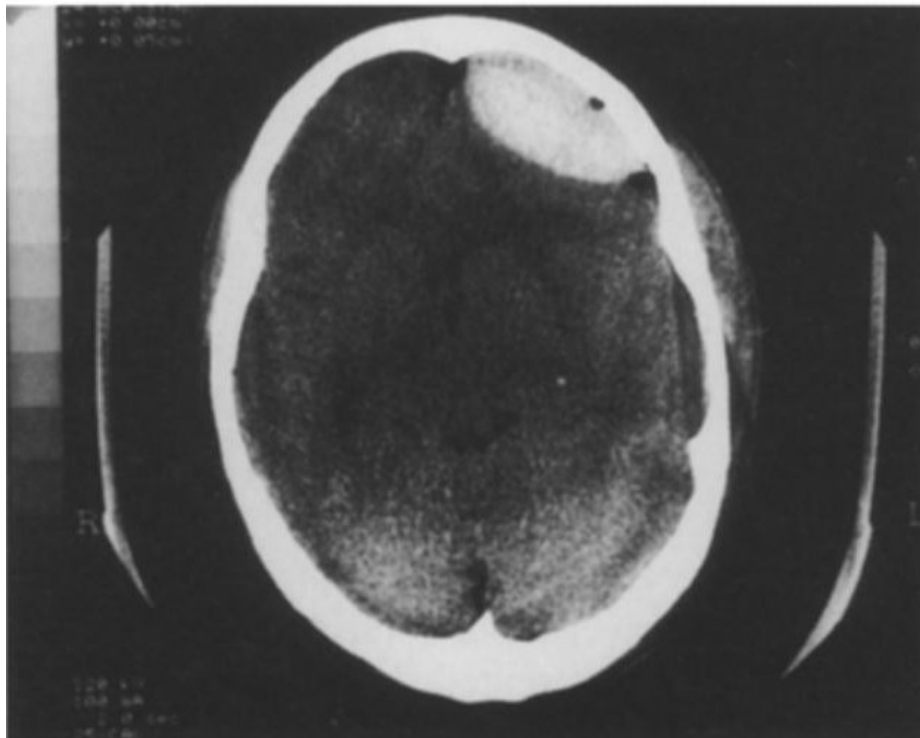


Abbildung 5: CCT-Bild eines Epiduralhämatoms [4]

1.3.3 Subduralblutung (Subduralhämatom)

Das Subduralhämatom ist eine venöse Blutung zwischen dem Hirnparenchym und der Dura mater. Sie kann akut, subakut oder chronisch auftreten und mit einer lebensbedrohlichen Erhöhung des Hirndrucks einhergehen. Häufigste Ursache ist ein traumatischer Abriss der Brückenvenen, aber auch arterielle Verletzungen können dazu führen [38]. Bis zu 11% der stationär versorgten Patienten mit mildem oder moderatem Schädel-Hirn-Trauma erleiden eine Subduralblutung, bei den Patienten mit schwerem SHT sind es sogar 20% [39]. Ältere Patienten entwickeln häufiger ein chronisches Subduralhämatom, da aufgrund der senilen Hirnatrophie eine Einblutung und ein Hirnödem länger kompensiert werden kann. Dies verkompliziert die initiale Diagnostik, da ältere Patienten oft erst im Verlauf Symptome entwickeln [39]. In der computertomografischen Untersuchung des Schädels präsentiert sich das Subduralhämatom meist als sichelförmig, hyper- oder isodenses Areal, welches der Schädelkalotte anliegt [40].



Abbildung 6: Subduralhämatom mit Herniation

(By James Heilman, MD - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19364350>)

1.3.4 Kalottenfrakturen

Frakturen der Schädelkalotte entstehen durch massive, direkte Gewalteinwirkung auf den Kopf [41]. Das Neurocranium umgibt dabei das gesamte Gehirn und schützt es vor äußeren Einflüssen. Zum Neurocranium gehören folgende sieben Knochen: Os occipitale, Os frontale, Os sphenoidale, Os temporale (dextrum et sinistrum) sowie Os parietale (dextrum et sinistrum). Es werden lineare Frakturen ohne Dislokation von Knochenfragmenten von komplizierten Frakturen, zum Beispiel Impressionsfrakturen, unterschieden. Insbesondere letztere gehen mit einer hohen Gefahr für Verletzungen des Hirnparenchyms und einer erheblichen Gefahr für Infektionen einher [42].

1.4 Indikationen zur Bildgebung beim Schädel-Hirn-Trauma

Wie oben beschrieben, können die Folgen von Schädelverletzungen sehr schwer sein. Insbesondere sich schnell entwickelnde, raumfordernde intrakranielle Prozesse und Impressionsfrakturen der Schädelkalotte können zu einer Erhöhung des Hirndrucks mit einhergehender Lebensgefahr führen. Um eine möglichst frühzeitige neurochirurgische Intervention zu ermöglichen ist eine schnelle bildgebende Diagnostik von Nöten. Goldstandard ist hierbei die Computertomografie [9, 12]. Dabei hängt die Indikation zur Bildgebung beim Schädel-Hirn-Trauma jedoch stark von dessen Schwere ab. Weniger als 5% der Patienten mit leichtem Schädel-Hirn-Trauma welche eine Computertomografie des Schädels bekommen haben zeigen Traumafolgen im CCT [20]. Deshalb gilt es gut abzuwägen zwischen der Strahlenbelastung einer Computertomografischen Untersuchung und der Gefahr einer nicht erkannten Traumafolge.

Die deutsche Leitlinie empfiehlt bei Mehrfach-Verletzten und bewusstlosen Patienten , die einer Schockraumversorgung zugeführt werden, eine Traumaspirale. Diese umfasst eine Computertomografie des Schädels, des Thorax und des Abdomens. Außerdem unterscheidet die Leitlinie zwischen absoluten und fakultativen Indikationen für eine kraniale CT [9]:

Absolute Indikationen: Koma, Bewusstseinstäubung, Amnesie, andere neurologische Störungen, mehrfaches Erbrechen, wenn ein enger zeitlicher Zusammenhang zur Gewalteinwirkung besteht, Krampfanfall, Zeichen einer Schädelfraktur, Verdacht auf Impressionsfraktur und/oder penetrierende Verletzung, Verdacht auf Liquorfistel, Hinweise auf eine Gerinnungsstörung

Fakultative Indikationen: Unklare Angaben über die Unfallanamnese, starke Kopfschmerzen, Intoxikation mit Alkohol oder Drogen, Hinweise auf ein Hochenergietrauma

Da diese schweren Verletzungen einer dringlichen CT-Diagnostik unterzogen werden müssen, steht außer Frage. Eine verzögerte Diagnostik und somit eine verzögerte neurochirurgische Therapie können schwere Folgen haben, die schnellstmögliche Versorgung der Verletzungen überwiegt hier die Gefahren durch die Strahlenbelastung. Nicht so einfach ist jedoch die Risikobewertung bei nur leichten Schädel-Hirn-Traumata und Bagatellunfällen. Um die Indikationsstellung insbesondere bei leichten SHT zu erleichtern, wurden verschiedene Screening Tools entwickelt.

1.4.1 „Canadian CT Head Rule“

Die Canadian CT Head Rule wurde entwickelt, um die klinische Entscheidungsfindung für oder gegen eine Computertomografie des Schädels bei leichten Schädelhirnverletzungen zu vereinfachen. Sie kann angewendet werden bei Patienten, welche in den vergangenen 24 Stunden ein SHT mit einem GCS von 13 bis 15 erlitten haben und mindestens einer der folgenden Faktoren aufweisen: Bewusstseinsverlust, Desorientierung oder Amnesie. Ausgeschlossen wurden Patienten unter 16 Jahren, Patienten mit Einnahme von Antikoagulantien oder Gerinnungsstörungen und Patienten mit Krampfanfällen. Es konnten Hochrisiko- und mittlere Risiko-Faktoren für die Notwendigkeit einer neurochirurgischen Intervention gefunden werden. Trifft einer dieser Faktoren zu, ist eine kraniale CT indiziert [43].

Hochrisiko Faktoren:

- GCS<15 zwei Stunden nach der Verletzung
- V.a. offenes SHT oder Impressionsfraktur
- Klinische Hinweise auf Schädelbasisfraktur
- Zweimaliges Erbrechen
- Alter >65 Jahre

Mittlerer Risiko Faktoren:

- Anterograde Amnesie >30 Minuten
- Gefährlicher Unfallmechanismus

1.4.2 „New Orleans Criteria“

Ebenso wie die „Canadian CT Head Rule“, wurden die „New Orleans Kriterien“ dazu entwickelt, die Notwendigkeit einer Computertomografie des Schädels bei Patienten mit leichtem SHT und GCS von 15 zu evaluieren. Die Studie identifizierte 7 Kriterien, die nach einem Kopftrauma eine Indikation für ein kraniales CT darstellen [44]:

- Kopfschmerzen
- Erbrechen
- Alter >60 Jahre
- Intoxikation mit Drogen oder Alkohol
- Störung des Kurzzeitgedächtnisses
- Klinische Hinweise auf Trauma oberhalb der Clavicula
- Krampfanfall

1.5 Verletzungen der Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule besteht aus 7 Halswirbeln, wobei der 1. und der 2. Halswirbel (Atlas und Axis) entsprechend ihrer Aufgabe eine besondere Form aufweisen. Sie können das gesamte Gewicht des Kopfes tragen und ermöglichen gleichzeitig eine Beweglichkeit des Kopfes in drei Freiheitsgraden. Diese hohe Beweglichkeit ermöglichen zwei Gelenke, die Articulatio atlantooccipitale zwischen Os occipitale und Atlas und die Articulatio atlantoaxialis zwischen Atlas und Axis. Die anderen fünf

Halswirbel sind hingegen ähnlich den übrigen Wirbeln aufgebaut, wobei sie jedoch einen eher kleinen Wirbelkörper aufweisen [45, 46].

Verletzungen der Wirbelsäule machen nur ca. 0,5-1% aller Frakturen in Deutschland aus, jedoch führt jede 5. Wirbelsäulenverletzung zu bleibenden neurologischen Ausfällen oder sogar zur Querschnittslähmung [47]. Bei polytraumatisierten Patienten sind sogar 20-34% der Patienten von einer Wirbelsäulenverletzung betroffen. Besonders häufig sind Wirbelsäulenabschnitte am Übergang von sehr beweglichen Segmenten zu fest verankerten Abschnitten verletzt, hierzu zählen vor allem der cervicothorakale und der thorakolumbale Übergang. So ist zum Beispiel die Halswirbelsäule überdurchschnittlich oft von Traumafolgen betroffen [47, 48].

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, treten Verletzungen der Halswirbelsäule gehäuft in Verbindung mit Schädel-Hirn-Traumata auf. Die Angaben zur Koinzidenz von Schädel- und Halswirbelsäulenverletzungen reichen in der Literatur hierbei von 1,2% bis 19% [49, 50].

1.5.1 Frakturen der oberen Halswirbelsäule

Zur oberen Halswirbelsäule werden der 1. und der 2. Halswirbel (Atlas und Axis) gezählt. Etwa 30% aller Halswirbelsäulenverletzungen betreffen die obere HWS [51], wobei ca. 30% den Atlas und 70% den Axis betreffen [52].

Frakturen des Atlas nehmen mit steigendem Lebensalter zu, sie machen ca. 2-13% aller Halswirbelsäulenverletzungen aus [51]. Eingeteilt werden die Atlasfrakturen nach Lokalisation der Fraktur. So kann unterschieden werden zwischen Frakturen der Atlasbögen (vorderer oder hinterer), der Massa lateralis oder Trümmerfrakturen des Atlas. Eine besondere Stellung nimmt hierbei die kombinierte Fraktur des vorderen und hinteren Atlasbogens ein, die sogenannte Jefferson-Fraktur.

Frakturen des Axis machen ca. 24% aller Verletzungen der Halswirbelsäule aus, ein Drittel davon betreffen den Dens axis [52]. Bei über 80-jährigen Patienten ist die Densfraktur sogar die häufigste Verletzung der Halswirbelsäule [52]. Der prozentuale Anteil der Patienten, bei welchem der zweite Halswirbelkörper betroffen ist, steigt mit zunehmendem Patientenalter. So ist bei Patienten unter 60 Jahren zu 21% der zweite Halswirbelkörper betroffen, bei Patienten über 75 Jahren ist dieser sogar zu 54% von

einer Verletzung betroffen [51]. Axisfrakturen können wie folgt eingeteilt werden: Densfrakturen, traumatische Spondylolisthesen die den Isthmus-Bereich betreffen, und atypische Frakturen, die den Korpus-Bereich betreffen [53].

1.5.2 Frakturen der unteren Halswirbelsäule

Zur unteren bzw. subaxialen Halswirbelsäule gehören die Halswirbel 3 bis 7. Bei über 70% aller Halswirbelsäulenverletzungen ist die untere HWS betroffen. Am häufigsten sind dabei die Halswirbelkörper 6 und 7 verletzt, Verletzungen in diesem Bereich machen über 40% aller Halswirbelsäulenverletzungen aus [8]. Die Frakturen der subaxialen Halswirbelsäule können eingeteilt werden in Frakturen des vorderen Teils, Frakturen des hinteren Teils oder in kombinierte Frakturen [54].

1.6 Indikationen zur Bildgebung bei traumatischen Verletzungen der HWS

Die deutschen Leitlinien für die Versorgung von Verletzungen der oberen und der unteren Halswirbelsäule empfehlen aufgrund der geringen Sensitivität keine alleinige konventionelle Röntgendiagnostik der HWS. Stattdessen soll eine CT-Untersuchung mit mindestens 1mm Schichtdicke durchgeführt werden. Eine konventionelle Röntgendarstellung kann unter strahlenhygienischen Gesichtspunkten erwogen werden oder zur Verlaufskontrolle bei bekannten Verletzungen [8, 52].

Nicht immer ist die Indikation für eine Bildgebung der Halswirbelsäule aus der klinischen Situation klar ersichtlich. Bei bewusstlos eingelieferten Patienten ist die Prävalenz einer HWS-Verletzung zum Beispiel doppelt so hoch wie bei wachen Patienten, weshalb eine Bildgebung unbedingt durchgeführt werden sollte [55]. Bei wachen und stabilen Patienten wird die Entscheidungsfindung jedoch ungleich schwieriger [3]. Für eine Verletzung der HWS gibt es verschiedene Prädiktoren, welche eine Vorauswahl der Patienten ermöglichen. Aus diesen Prädiktoren wurden Tools entwickelt, um die klinische Entscheidung für oder gegen eine Bildgebung bei wachen Patienten zu erleichtern. Zum einen die Canadian C-Spine Rule und zum anderen die NEXUS Kriterien.

Absolute Indikationen für eine Bildgebung bei Verdacht auf isolierte HWS-Verletzungen geben die deutschen Leitlinien vor.

Die Leitlinie für Verletzungen der oberen Halswirbelsäule gibt folgende Indikationen für eine Bildgebung an [52]: Polytrauma, bewusstlose Patienten mit Verdacht auf HWS-Trauma, HWS-Beschwerden nach gefährlichem Unfallmechanismus, schmerzhafte HWS-Rotation nach Trauma, klinischer Verdacht auf strukturelle HWS-Verletzung, neurologische Auffälligkeiten (inkl. Parästhesien), bekannte rheumatoide Erkrankung (z.B. M. Bechterew)

Indikationen für eine primäre Computertomografie der Halswirbelsäule sind laut Leitlinie für Verletzungen der subaxialen Wirbelsäule folgende Punkte [8]: Bewusstlose Patienten mit Verdacht auf HWS-Trauma, gefährlicher Unfallmechanismus, Verdacht auf strukturelle HWS-Verletzung, Neurologischen Auffälligkeiten (inkl. Parästhesien), bekannter M. Bechterew

1.6.1 „National Emergency X-Radiography Utilization Study“ (NEXUS)

Die NEXUS Kriterien sind eine klinische Entscheidungshilfe für die Indikation zur Bildgebung bei möglicher HWS-Verletzung. Sie wurden 1992 an 21 US-Amerikanischen Traumazentren validiert und weisen eine Sensitivität von 99% auf. Folgende Parameter sind Bestandteil der NEXUS Kriterien:

- Druckschmerz über der Mittellinie der HWS
- Fokales neurologisches Defizit
- Eingeschränkte Vigilanz
- Hinweis auf Intoxikation
- Von der HWS-Verletzung ablenkende schwere Verletzung

Trifft einer dieser Kriterien auf einen Patienten zu, so ist eine Bildgebung der Halswirbelsäule indiziert [56].

1.6.2 „Canadian C-Spine Rule“(CCR)

Ebenfalls wie die NEXUS Kriterien, ist die Canadian C-Spine Rule eine klinische Entscheidungshilfe für die Indikation zur Bildgebung bei Patienten mit Verdacht auf eine Verletzung der HWS. Die Traumapatienten müssen hierbei jedoch wach und stabil sein, das heißt einen GCS von 15 und stabile Vitalparameter aufweisen. Die CCR wurde 2001 für Patienten über 16 Jahren entwickelt und weist eine Sensitivität von 100% auf. Sie gliedert sich in drei Stufen, welche nacheinander abgearbeitet werden. Zunächst einmal werden Hochrisikofaktoren abgefragt, trifft einer von diesen auf den Patienten zu, ist eine Bildgebung direkt angezeigt.

Die Hochrisikofaktoren sind:

- Alter über 65 Jahre
- Gefährlicher Unfallmechanismus (Sturz aus über 1m Höhe oder über 5 Treppenstufen, Axiale Krafteinwirkung auf den Kopf, Verkehrsunfall mit über 100 km/h, Überschlag, Herausschleudern von Insassen, Verkehrsunfall mit Wohnmobilen oder Fahrradunfälle)
- Parästhesien der Extremitäten

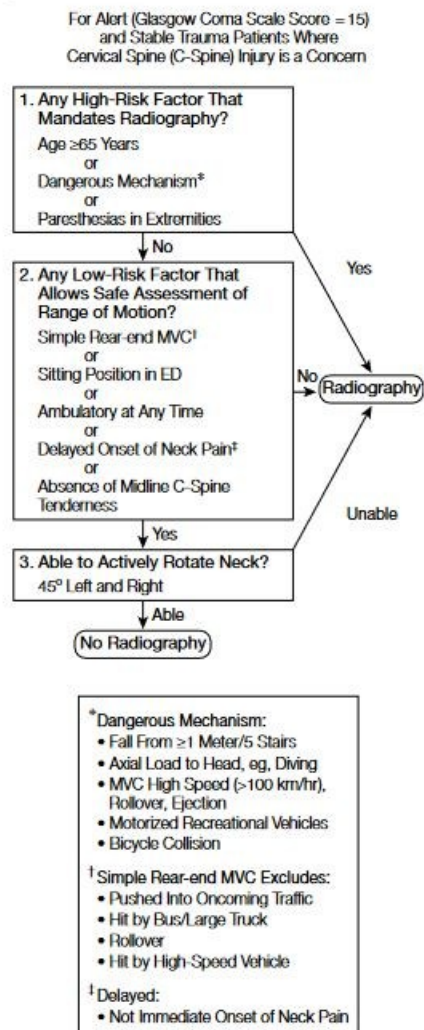
Danach werden Niedrigrisikofaktoren abgefragt, sind diese erfüllt, kann eine Rotationsprüfung der Halswirbelsäule erfolgen. Ist keiner dieser Niedrigrisikofaktoren erfüllt, raten die Autoren ebenfalls zur Bildgebung.

Die Niedrigrisikofaktoren sind:

- Einfacher Auffahrunfall
- Sitzende Position in der Notaufnahme
- Ambulanter Aufnahmezustand
- Verzögerter Beginn von Nackenschmerzen
- Fehlender Druckschmerz über der Mittellinie der HWS

Anschließend wird die aktive Rotationsfähigkeit der Halswirbelsäule bis 45 Grad nach rechts und links überprüft. Ist der Patient dazu in der Lage, soll laut Canadian C-Spine Rule keine Bildgebung durchgeführt werden. [3]

Figure. The Canadian C-Spine Rule



MVC indicates motor vehicle collision; ED, emergency department.

Abbildung 7: Canadian C-Spine Rule [3]

1.7 Ziel der Arbeit

Um Strategien zu entwickeln, wie die Zahl, der nicht notwendigen Untersuchungen gesenkt werden kann, ist es wichtig die regionalen Daten zu Patienten, Traumafolgen und Untersuchungen zu kennen. Die folgende Arbeit soll diese Daten der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen aus den Jahren 2010, 2014 und 2018 retrospektiv auswerten und Veränderungen des Patientenkollektivs und der Verletzungsmuster beschreiben. Ein weiteres Ziel ist es, Anhaltspunkte aus den klinischen Angaben und individuellen Patientengeschichten zu definieren, um künftig entscheiden zu können, wo eine Bildgebung sinnvoll ist und wo nicht.

1.7.1 Fragestellung

Wie setzt sich das Patientenkollektiv zusammen?

Ziel sollte eine möglichst genaue Beschreibung des Patientenkollektivs sein, um eine klare Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen und die Veränderungen in der Zusammensetzung des Kollektivs über die untersuchten Jahre herauszufinden.

Welche Indikationen gibt es für die getätigten CT-Untersuchungen?

Hier sollte untersucht werden, welche dokumentierten Indikationen es innerhalb der klinischen Befunde gibt, eine solche Untersuchung durchzuführen. Außerdem sollte die Anwendung der sog. Canadian-C-Spine-Rule oder der Nexus-Kriterien anhand der Dokumentation geprüft werden. [3, 56, 57]

Welche Traumafolgen wurden durch die Untersuchung detektiert?

Ziel sollte eine möglichst genaue quantitative und qualitative Erfassung der detektierten Traumafolgen sein.

Wie haben sich die Zahlen über die untersuchten Jahre entwickelt?

Hier sollten die oben genannten Fragestellungen auf die einzelnen untersuchten Jahre 2010, 2014 und 2018 bezogen und vergleichende Überlegungen angestellt werden.

2 Material und Methoden

2.1 Genehmigung der Ethikkommission

Die Studie wurde im Vorfeld bei der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Tübingen beantragt und der Prüfplan ohne Bedenken genehmigt.

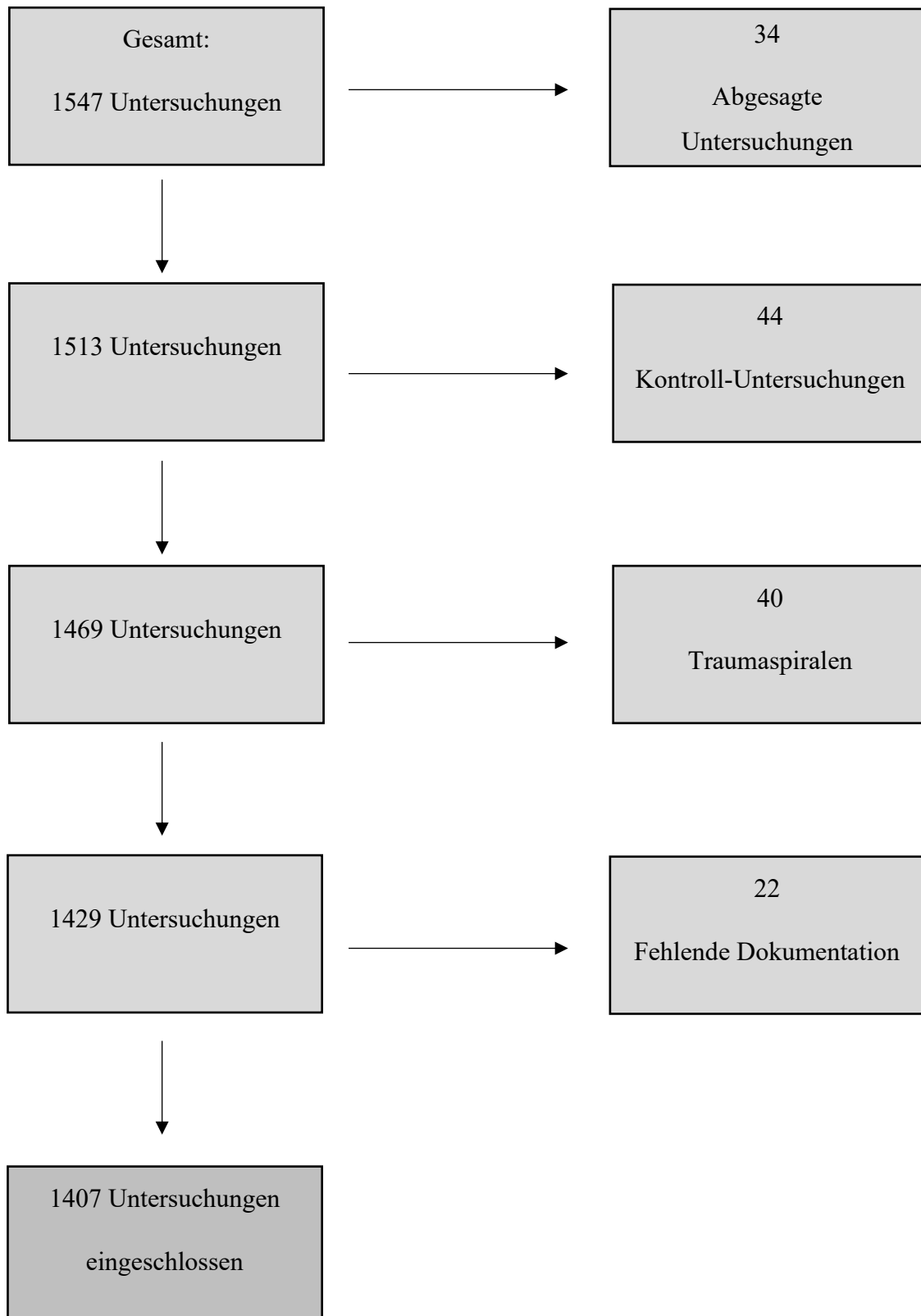
Projektnummer: 503/2019B2, genehmigt am 30.7.2019

2.2 Patienten

In diese retrospektive Studie wurden alle Patienten eingeschlossen, welche in den Jahren 2010, 2014 und 2018 aufgrund eines einzelnen vorangegangenen Unfallereignisses eine post-traumatische CT-Untersuchung von HWS **und** Schädel in der BG Klinik Tübingen erhalten haben. Um diese Untersuchungen herauszufiltern, wurde im radiologischen Informationssystem der BG Unfallklinik Tübingen eine Abfrage nach Patienten durchgeführt, welche in den Jahren 2010, 2014 und 2018 eine klinisch indizierte CT-Untersuchung sowohl des Schädels als auch der HWS direkt hintereinander oder im Rahmen desselben Aufenthaltes und aufgrund desselben Traumas in engem zeitlichem Bezug zueinander (<6 Stunden Differenz) erhalten haben.

Da nur CT-Untersuchungen eingeschlossen werden sollten, welche sich auf die Erstdiagnostik nach einem stattgefundenen Trauma beziehen, wurden einige Untersuchungen im weiteren Verlauf ausgeschlossen. So waren insgesamt 44 Untersuchungen keine Erstdiagnostik, sondern zum Beispiel Verlaufskontrollen nach Operationen oder die Erstdiagnostik hatte im Vorfeld an einem peripheren Krankenhaus stattgefunden und die Patienten wurden nur zur Behandlung an die BG Klinik Tübingen verlegt, wo dann im zeitlichen Verlauf eine Wiederholung oder Komplettierung der Diagnostik erfolgte. Diese ausgeschlossenen Patienten sind im untenstehenden Flow-Chart unter „Kontroll-CT“ zusammengefasst. 34 Untersuchungen wurden vom Zuweisenden aus nicht bekannten Gründen wieder abgesagt oder in eine Ganzkörperdiagnostik bzw. alleinige Untersuchung des Schädels abgeändert, diese sind als „abgesagt“ gekennzeichnet. Ebenfalls ausgeschlossen wurden 40 Traumaspinalen, das heißt Ganzkörper-CT-Untersuchungen mit Kontrastmittel, welche im Rahmen einer Schockraumdiagnostik durchgeführt wurden. Entweder hatte der zuweisende Arzt die Untersuchung falsch angemeldet, oder die Untersuchung wurde kurzfristig erweitert.

Bei 22 Patienten war keine auswertbare klinische Dokumentation im KIS der BG Unfallklinik auffindbar, sodass auch sie ausgeschlossen wurden. Am Ende der Datenerhebung wurden schließlich 1407 Patienten (N=1407) bzw. CT-Untersuchungen von Schädel und HWS in die Auswertung eingeschlossen.



2.3 Erfasste Parameter und Daten

Die radiologischen Befunde der Patienten wurden dem RIS (Radiologie Informationssystem) der BG Unfallklinik Tübingen (Orbis, Dedalus Healthcare Systems Group, Deutschland) entnommen. Die CT-Bilder der HWS wurden von der radiologischen Abteilung der BG-Klinik befundet, die CT-Aufnahmen des Schädels wurden teleradiologisch in die Abteilung für Neuroradiologie der Uniklinik Tübingen geschickt und dort befundet. Erfasste Anteile des Mittelgesichtes wurden ebenfalls in den Befund eingeschlossen. Klinische Informationen wurden aus den Arzt- und Ambulanzbriefen des KIS (Krankenhausinformationssystem) der BG Unfallklinik Tübingen (CGM Medico, CGM Clinical Europe GmbH, Deutschland) entnommen. Um die auswertbaren Patientenzahlen aus dem Untersuchungsjahr 2010 zu erhöhen, wurden die schriftlichen Akten aus dem klinikeigenen Archiv ebenfalls gesichtet, da zu diesem Zeitpunkt noch nicht alle Patienten vollständig digital erfasst wurden.

Für die Auswahl der erfassten Parameter wurden folgende Leitlinien zu Hilfe genommen:

- S2e Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter [9]
- S1 Leitlinie Beschleunigungstrauma der Halswirbelsäule [58]
- S1 Leitlinie Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule [8]
- S1 Leitlinie Verletzungen der oberen Halswirbelsäule [52]
- S3 Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung [59]

2.3.1 Epidemiologie

Das Geschlecht, das Geburtsdatum und die Art der Aufnahme wurden aus dem KIS-System der BG-Klinik Tübingen übernommen.

Datum und Uhrzeit der Untersuchung waren in der Datenbank über die radiologischen Untersuchungen vermerkt und wurden von dieser übernommen. Vor 2014 wurden CT-Untersuchungen des Neurocraniums und der HWS getrennt, zum Teil auch zeitlich distant voneinander angefordert, so dass die Untersuchungen häufig nicht direkt im Anschluss aneinander durchgeführt wurden. Ein zeitlicher und ursächlicher Zusammenhang wurde jedoch angenommen, wenn keine Entlassung zwischendurch und weniger als 24 Stunden zwischen beiden Untersuchungen lagen. Für die Untersuchungen der Jahre 2014 und 2018 war der Zeitpunkt des HWS- und des Schädel-CT identisch, da beide gleichzeitig angefertigt wurden.

Als federführende Fachdisziplin wurde diejenige betrachtet, welche den Ambulanz-Brief erstellt hat. Beim Vorliegen mehrerer Briefe unterschiedlicher Fachdisziplinen, wurde immer die Unfallchirurgie als federführend angenommen.

Zusammenfassend wurden demnach folgende Variablen erfasst:

- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Datum der Untersuchung
- Uhrzeit der Untersuchung
- Federführende Fachdisziplin
- Art der Aufnahme (stationär/ambulant)

2.3.2 Unfallmechanismus

Es wurden folgende Kriterien zur Klassifikation des Unfallmechanismus aus den schriftlichen Patientenakten (klinische Angaben der Röntgenanforderung, Arztbrief, D-Arztbericht, Patientenakte, etc...) in Anlehnung an die Leitlinie „Schädelhirntrauma im Erwachsenenalter“ [9] und die Leitlinie „Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung“ [59] festgelegt:

- Sturzereignis: Stolpersturz, Sturz aus über 1 Meter Höhe, Sturz aus über 6 Meter Höhe
- Verkehrsunfall: Fahrzeug-Insasse, Fußgänger, Zweiradfahrer/sonstige Verkehrsteilnehmer
- Axiales Stauchungstrauma
- Sonstiger Unfallmechanismus

Als Stolpersturz wurde jeder Sturz unter einem Meter Höhe aus stehender, sitzender oder liegender Position gewertet. So wurden zum Beispiel Stürze im Rahmen einer Synkope stets dazu gezählt. Auch Stürze aus dem Bett, von einem Stuhl oder einem Rollstuhl wurden dazugezählt. Ebenfalls Leiter- und Treppenstürze, sofern sie von Sprosse bzw. Stufe eins bis vier erfolgten. Bei nicht näher bezeichneten Stürzen/Treppenstürzen wurde auch immer von einem Stolpersturz ausgegangen. Als Stürze aus über einem Meter Höhe wurden gewertet: Sturz vom Pferd, Treppenstürze über fünf Stufen und Leiterstürze über fünf Sprossen. Sturz aus über sechs Metern Höhe wurde beispielsweise von einem hohen Baugerüst gewertet oder zum Beispiel ein Sturz aus der 2. Etage eines Hauses, wobei hier in der Regel eine komplette Schockraumdiagnostik erfolgte und daher nur wenige Fälle vorkamen.

Fahrzeug-Insasse war ein Patient, wenn er sich zum Unfallzeitpunkt in einem PKW oder Bus aufgehalten hat. Beispielsweise als Fahrer, Beifahrer oder Mitfahrer eines PKW oder als stehender bzw. sitzender Passagier in einem Bus. Einen Verkehrsunfall als Fußgänger hatte ein Patient, wenn er als Fußgänger einen Unfall mit einem PKW, Bus, Fahrrad oder sonstigen Fahrzeug des Straßenverkehrs hatte. Als Zweiradfahrer bzw. sonstige Verkehrsteilnehmer wurden alle Patienten gewertet, welche mit einem Fahrrad, einem E-Bike, einem Skateboard, einem Motorrad, einem Mofa oder einem Motorroller verunfallt sind. Dabei spielte es keine Rolle, ob der Unfall durch einen Sturz oder durch eine Fremdbeteiligung verursacht wurde.

Ein axiales Stauchungstrauma lag vor, wenn dies explizit im Befund so genannt wurde, oder wenn der Unfallmechanismus auf eine direkte Krafteinwirkung senkrecht zur Körperachse schließen ließ (Kopf nach oben hin angeschlagen, Gegenstand direkt von oben auf den Kopf gefallen).

Alle nicht den oben genannten Kategorien zugehörigen Unfallmechanismen wurden unter Sonstiges dokumentiert. Hier kamen vor allem Rohheitsdelikte (Schlägereien, etc.) und Sportunfälle (Kopf an Kopf beim Fußball) vor.

2.3.3 *Klinische Angaben und Untersuchungsbefunde*

Die Auswahl der erhobenen klinischen Parameter erfolgte auf Grundlage der verschiedenen Leitlinien. Vor allem waren dies für das SHT die „Leitlinie Schädelhirntrauma im Erwachsenenalter“ [9] und die „Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung“ [59]. Für die HWS-Verletzungen wurden die Parameter der Canadian C-Spine Rule und der NEXUS Kriterien zusammengefasst [57].

- Gerinnungswirksame Medikamente/Erkrankungen
- Intoxikation
- Amnesie
- Bewusstlosigkeit
- Erbrechen in zeitlichem Zusammenhang mit dem Trauma
- Hinweis auf Kopfverletzung
- Schmerzen im Bereich der HWS und der umliegenden Muskulatur
- (schmerzhafte) Bewegungseinschränkung der HWS
- Sensibilitätsstörungen
- Motorische Ausfälle
- Extremitätentrauma

Alle oben genannten Parameter wurden nur dann als vorhanden gewertet, wenn diese in Zusammenhang mit dem Trauma neu aufgetreten sind und nicht schon vorbestehend waren. Eine Ausnahme sind hier natürlich die gerinnungswirksamen Medikamente.

Gerinnungswirksame Medikamente/Erkrankungen

Bei den gerinnungswirksamen Medikamenten wurden alle gängigen Mittel erfasst. Diese waren entweder in den Arztbriefen oder in den Anforderungen zur radiologischen Diagnostik vermerkt. Keine Einnahme von Blutverdünnern wurde dokumentiert, wenn dies explizit im Befund stand („keine blutverdünnende Medikation“), oder wenn eine Medikamentenliste im Arztbrief enthalten war, auf welcher keine gerinnungswirksamen Medikamente zu finden waren. Erfasst wurden: ASS, ADP-Rezeptor-Antagonisten (Clopidogrel, Brilique), Vitamin-K-Antagonisten (Marcumar), Heparine, Niedermolekulare Heparine (Clexane), Neue Orale Antikoagulantien (Eliquis, Xarelto, Lixiana, Pradaxa, Fondaparinux) und Gerinnungsstörungen mit Blutungsneigung (Von-Willebrand-Jürgens-Syndrom, Hämophilie A).

Intoxikation

Es wurde unterschieden zwischen einer Intoxikation durch Alkohol oder durch sonstige Drogen. Eine Intoxikation wurde nur erfasst, wenn dies auch im Arztbrief stand: „unter C2 Einfluss“, „deutlich alkoholisiert“, etc.

Amnesie

Eine Amnesie wurde als vorhanden gewertet, wenn dies ausdrücklich dokumentiert war („Amnesie zum Unfallhergang“, „antero-/retrograde Amnesie von mehreren Minuten“). Auch Umschreibungen der Amnesie wurden dazu gezählt („Es bestand eine Erinnerungslücke“, „Das Trauma war nicht erinnerlich“). Ob retrograde oder anterograde Amnesie war hierbei egal und wurde nicht differenziert. Bei dementen Patienten, wo die sichere Diagnose einer Amnesie nicht möglich war, wurde dies als „keine Angabe“ gewertet. Bei wachen und voll orientierten Patienten (GCS=15), die keine Commotio Diagnose in den Arztbriefen hatten, wurde angenommen, dass keine Amnesie vorlag. Bei dem Stichwort „keine Commotio Symptome“ und „kein SHT“ wurde ebenfalls angenommen, dass keine Amnesie vorlag.

Bewusstlosigkeit

Bei der Bewusstlosigkeit wurden drei verschiedene Ausprägungen erfasst. Eine initiale Bewusstlosigkeit, bei der der Patient laut Rettungskräften oder beobachtenden Personen zunächst bewusstlos oder mutmaßlich bewusstlos war, aber zum Zeitpunkt der

Untersuchung wieder ansprechbar. Auch wenn eine Bewusstlosigkeit nicht sicher ausgeschlossen werden konnte und dies so in der Dokumentation festgehalten war, wurde die initiale Bewusstlosigkeit als gegeben gewertet. Darüber hinaus wurde unterschieden zwischen Patienten , welche zum Zeitpunkt der Untersuchung bewusstlos waren (also vom Notarzt präklinisch eine Narkose erhalten haben) und Patienten , welche initial ansprechbar waren, aber im Verlauf eingetrübt sind und zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht vollständig wach waren. Keine stattgefundene oder aktuelle Bewusstlosigkeit wurde angenommen, wenn „keine Commotio Symptome“ oder „kein SHT“ im Befund dokumentiert waren.

Erbrechen in zeitlichem Zusammenhang mit dem Trauma

Hier wurde der Parameter als vorhanden dokumentiert, wenn der Patient sich nach dem Trauma erbrochen hat („Patient hat auf der Fahrt mehrfach erbrochen“) oder dies im Verlauf der Behandlung geschehen ist („zweimaliges Erbrechen in der Notaufnahme“). Als nicht vorhanden wurde der Parameter dokumentiert, wenn dies explizit im Arztbrief stand oder wenn dort die Stichworte „keine Commotio Symptome“ oder „kein SHT“ zu finden waren.

Hinweis auf Kopfverletzung: Kopfschmerzen, Wunden/Prellmarken, Zeichen einer Schädelfraktur

Als klinische Hinweise auf Kopfverletzungen wurde gewertet: Kopfschmerzen, Wunden bzw. Prellmarken (Riss- oder Platzwunden, Hämatome, Schürfwunden, Schwellungen) und Zeichen einer Schädelfraktur (Krepitation, deutlich tastbare mobile Nasenskelettfraktur oder LeFort-1-Fraktur). Dieser Parameter wurde nur als vorhanden gewertet, wenn dies explizit dokumentiert war, bzw. wurde als nicht vorhanden gewertet, wenn dies ebenfalls dokumentiert war. Es wurde nur jeweils der klinisch führende Befund dokumentiert, d.h. bei der Dokumentation von Riss-Quetsch-Wunde am Schädel und Schädelfraktur, wurde die Schädelfraktur dokumentiert.

Schmerzen im Bereich der HWS und der umliegenden Muskulatur

Dieser Befund wurde als negativ gewertet, wenn das Untersuchungsergebnis explizit dokumentiert war („kein Druckschmerz und kein Klopfschmerz über der HWS“, „HWS unauffällig“, „keine Beschwerden im Nackenbereich“, „Bodycheck ohne

pathologischen Befund“). Als positiv wurde gewertet, wenn zum Beispiel „schmerzhafte HWS“ dokumentiert war.

(schmerzhafte) Bewegungseinschränkung der HWS

Nein wurde hier bei Stichworten wie „Bodycheck ohne pathologischen Befund“, „HWS frei beweglich“, „HWS unauffällig“, „HWS frei“ und bei der Angabe von normalen Freiheitsgraden im Befund dokumentiert. Bei einigen Patienten war die HWS in einem Immobilisationskragen ruhiggestellt, war dies der Fall, wurde für diesen Parameter „keine Angabe“ dokumentiert.

Sensibilitätsstörungen

Bei den folgenden Formulierungen wurde angenommen, dass keine Sensibilitätsstörungen vorlagen: „Bodycheck ohne pathologischen Befund“, „Neurologische Untersuchung unauffällig“, „pDMS intakt“, „kein sensomotorisches Defizit“ oder „keine neurologischen Ausfälle“. Als vorhanden wurden Sensibilitätsstörungen gewertet, wenn dies in der Anamnese des Patienten dokumentiert war („pelziges Gefühl in den Armen direkt nach dem Sturz“) oder wenn dies in der Untersuchung festgestellt wurde („Kribbelpräthesien“, „Taubheitsgefühl“, „Hypästhesien“). Auch wenn vom Patienten geäußerte Gefühlsstörungen nicht in der Untersuchung reproduzierbar oder schon wieder zurückgebildet waren, wurden sie trotzdem als vorhanden gewertet.

Motorische Ausfälle

Motorische Ausfälle waren zum Beispiel eine festgestellte Kraftminderung in der Untersuchung. Keine motorischen Ausfälle hatte ein Patient, wenn „Bodycheck ohne pathologischen Befund“, „pDMS intakt“, „kein sensomotorisches Defizit“ oder „keine neurologischen Ausfälle“ dokumentiert waren.

Extremitätentrauma: Frakturen, sonstige Verletzungen

Bei den Begleitverletzungen wurde sich auf die Extremitäten beschränkt, wie dies in der Leitlinie „Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule“ beschrieben ist [8]. Es wurde zwischen Frakturen und sonstigen Verletzungen unterschieden. Frakturen wurden nur gezählt, wenn sie in der Diagnosenliste des Briefes als bestätigte Diagnose

aufgenommen waren. Zu Extremitätenfrakturen wurden sämtliche Frakturen der unteren Extremität inklusive des Beckens, sowie sämtliche Frakturen der oberen Extremität inklusive der Clavicula gezählt, ebenso knöcherne Bandausrisse. Nicht berücksichtigt wurden Verletzungen an Schädel, Wirbelsäule und Thorax. Welche knöcherne Struktur hierbei in welchem Ausmaß betroffen war, war nicht relevant für die Kategorisierung. Sonstige Verletzungen waren Prellungen, Hämatome, Wunden, Luxationen, Distorsionen oder Schmerzen im Bereich der Extremitäten. Als nicht vorhanden wurde ein Extremitätentrauma gezählt, wenn dokumentiert war „Extremitäten frei beweglich“ und keine explizite Verletzung genannt war oder wenn „Bodycheck ohne pathologischen Befund“ dokumentiert war.

2.3.4 Verletzungen des Schädels bzw. des Gehirns

Die Traumafolgen des Schädels bzw. des Gehirns wurden aus den jeweiligen radiologischen Befunden oder aus den Kurzbefunden der Arztbriefe übernommen.

- Subarachnoidalblutung
- Epiduralblutung
- Subduralblutung
- Parenchymlutung
- Hirndruckzeichen
- Knöcherne Verletzungen des Neurocraniums: Weichteilverletzung, Kalottenfraktur, Schädelbasisfraktur
- Verletzungen des Gesichtsschädels: Weichteilverletzungen, knöcherne Verletzungen

Subarachnoidalblutung, Epiduralblutung und Subduralblutung wurden bei expliziter Diagnose im Befund gewertet. Zur Parenchymlutung wurden intracerebrale Blutungen und Kontusionsblutungen zusammengefasst.

Hirndruckzeichen wurden zwar als Parameter geführt, da aber kein Befund einen entsprechenden Hinweis enthielt, wurden keine Auswertungen zu diesem Parameter vorgenommen.

Weichteilverletzungen des Neurocraniums wurden im Befund als Galeahämatom, Prellmarke oder Kopfplatzwunde beschrieben. Kalottenfrakturen und

Schädelbasisfrakturen wurden jeweils gezählt, wenn ein entsprechender Knochen frakturiert war. Es wurden nur frische Verletzungen beachtet, ältere imponierende Verletzungen wurden außen vor gelassen.

Weichteilverletzungen des Gesichtsschädels waren zum Beispiel Hämatome (Periorbitales Hämatom, Monokelhämatom). Knöcherner Verletzungen betrafen zum Beispiel Jochbogen, Nasenbein, Orbitaboden, Unterkiefer, Oberkiefer, den Proc. styloideus oder den Bruch eines Zahnes.

2.3.5 Verletzungen/Befunde der HWS

Die Traumafolgen der Halswirbelsäule wurden aus den jeweiligen radiologischen Befunden oder aus den Kurzbefunden der Arztbriefe übernommen.

- Fraktur der Occipitalregion
- Fraktur des Atlas
- Fraktur des Axis: Densfraktur, sonstige Fraktur
- Subaxiale Frakturen: Tear-Drop-Fraktur, Facettengelenk-Luxationsfraktur, sonstige Fraktur
- Alte Fraktur der HWS: voroperierte HWS
- Degenerative Veränderungen

Zu Frakturen des Atlas zählten alle im Befund genannten Frakturen des 1. Halswirbels.

Frakturen des Axis wurden differenziert in Densfrakturen und sonstige Frakturen im Bereich des Axis. Letztere waren zum Beispiel Osteophyten-Frakturen, bzw. Osteophyten-Abspaltungen oder Tear-Drop-Frakturen.

Frakturen der Halswirbel 3 bis 7 (subaxiale HWS) wurden differenziert in Tear-Drop-Frakturen, Facettengelenk-Luxationsfrakturen und sonstige Frakturen. Zu sonstigen Frakturen zählten Sinterungen, Vorderkantenabsprengungen, Frakturen des verknöcherten vorderen Längsbandes sowie Frakturen eines oder mehrerer Dornfortsätze.

Unter „Alte Frakturen der HWS“ wurden sämtliche im Befund genannten, nicht frisch imponierenden Frakturen verstanden („abgerundeter Osteophyt“, „alte WK Höhenminderung“). Ebenso wurden sämtlichen Befunde, die Hinweis auf eine

stattgehabte HWS OP enthielten (z.B. durch eingebrachtes Material oder Bezugnahme auf Vorbefunde) erfasst.

Bei Erwähnung von degenerativen Veränderungen im Befund wurde dies dokumentiert. Erwähnte Zeichen für degenerative Prozesse waren dabei osteophytäre Anbauten, Facettengelenksarthrose, Spondylarthrose, Spondylolisthesis, Bandscheibenvorwölbung, Spinalkanalstenose, Osteochondrose. Dabei spielte die Schwere der Degeneration keine Rolle. Keine Degeneration vorhanden wurde nur bei expliziter Erwähnung dokumentiert („keine höhergradige Degeneration“).

2.4 Statistische Auswertung

Sämtliche Grafiken und Berechnungen wurden mit dem Programm IBM® SPSS® Statistics Version 26.0.0.0 erstellt.

Die Daten wurden in erster Linie deskriptiv ausgewertet, um eine möglichst detaillierte Beschreibung der Patientenkollektive der Jahre 2010, 2014 und 2018 zu erhalten und miteinander vergleichen zu können.

Die analytische Auswertung der Daten erfolgte in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Johann Jacoby vom Institut für klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen, bei dem auch eine methodische und statistische Beratung stattfand. Um eine bessere Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden die Patienten zum Teil in Gruppen aufgeteilt.

Hypothese 1: Mit zunehmendem Lebensalter steigt die Wahrscheinlichkeit für eine Traumafolge im CT

Hypothese 2: Die Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden, hängt vom Geschlecht ab

Hypothese 3: Die Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden, hängt vom Geschlecht ab

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

Im Folgenden werden das Patientenkollektiv, die Ergebnisse der klinischen Untersuchung, sowie die Befunde der Computertomografie deskriptiv beschrieben, um einen Vergleich zwischen den Jahren in Bezug auf das Patientenkollektiv und die diagnostizierten Verletzungen zu ermöglichen.

3.1.1 Patientenzahlen

In allen drei untersuchten Jahren zusammen wurden bei 1547 Patienten CT-Untersuchungen von Schädel und Halswirbelsäule durchgeführt. Wie bereits oben beschrieben wurden hiervon 140 Untersuchungen ausgeschlossen, wodurch schlussendlich 1407 CT-Untersuchungen eingeschlossen werden konnten. Betrachtet man die Jahre einzeln, so gibt es größere Unterschiede zwischen den Jahren. So wurden im Jahr 2010 noch deutlich weniger kombinierte CT-Untersuchungen durchgeführt als in den Jahren 2014 und 2018. Bei letzteren beiden Jahren ist die Zahl der untersuchten Patienten in etwa gleich.

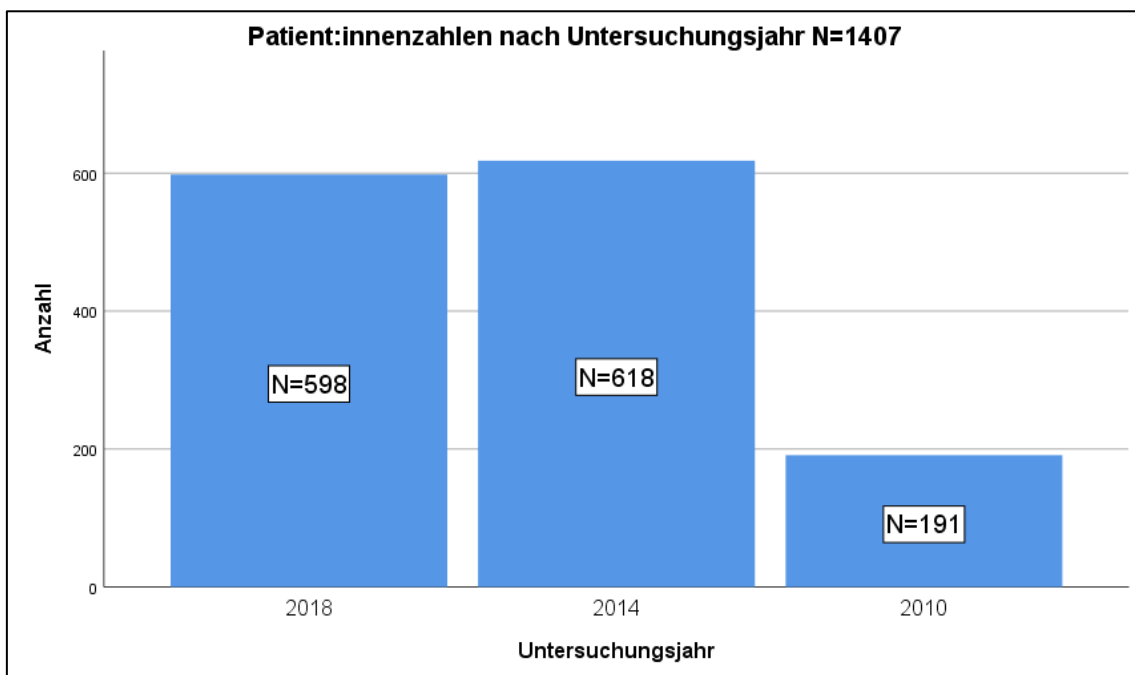


Abbildung 8: Balkendiagramm Patienten zahlen nach Untersuchungsjahr

3.1.2 Geschlechterverteilung

Über alle untersuchten Jahre betrachtet, haben Frauen einen größeren Anteil an den untersuchten Patienten. Im Jahr 2014 ist die Differenz der Untersuchungszahlen nach Geschlecht am größten, während er im Jahr 2010 am geringsten ist. 2018 ist die Differenz wieder etwas kleiner als 2014, aber immer noch deutlich größer als 2010.

Untersuchungszeitraum	Geschlecht	
	männlich	weiblich
Gesamt-Zeitraum (N=1407)	616 (43,8%)	791 (56,3%)
2018 (N=598)	259 (43,3%)	339 (56,7%)
2014 (N=618)	264 (42,7%)	354 (57,3%)
2010 (N=191)	93 (48,7%)	98 (51,3%)

Tabelle 1: Geschlechterverteilung in den Untersuchungsjahren. In der Spalte "Geschlecht" steht jeweils die Anzahl der Patienten im jeweiligen Zeitraum und in Klammern die entsprechende Prozentzahl.

3.1.3 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter über den Gesamt-Zeitraum der Studie beträgt 67,65 Jahre bei einer Spannweite von 7 bis 103. Der Altersdurchschnitt variiert je nach betrachtetem Untersuchungsjahr stark. Im Jahr 2010 waren die Patienten mit 54,01 Jahren im Schnitt am jüngsten. Durchschnittlich 66,41 Jahre waren die Patienten im Jahr 2014 und durchschnittlich 73,51 Jahre im Jahr 2018.

Bei der Betrachtung der grafischen Darstellung der Altersverteilung, bekommt man den Eindruck, dass es zwei Altersgipfel im untersuchten Patientenkollektiv gibt. Einen zwischen 15 und 35 Jahren, sowie einen zwischen 75 und 95. Bei den weiblichen Patienten scheint der Gipfel im höheren Lebensalter deutlich größer zu sein als der im jüngeren Alter. Bei den Männern ist der Unterschied zwischen den Gipfeln nicht so stark.

913 Patienten (64,9%) waren zum Zeitpunkt der Untersuchung 65 Jahre oder älter (Senioren).

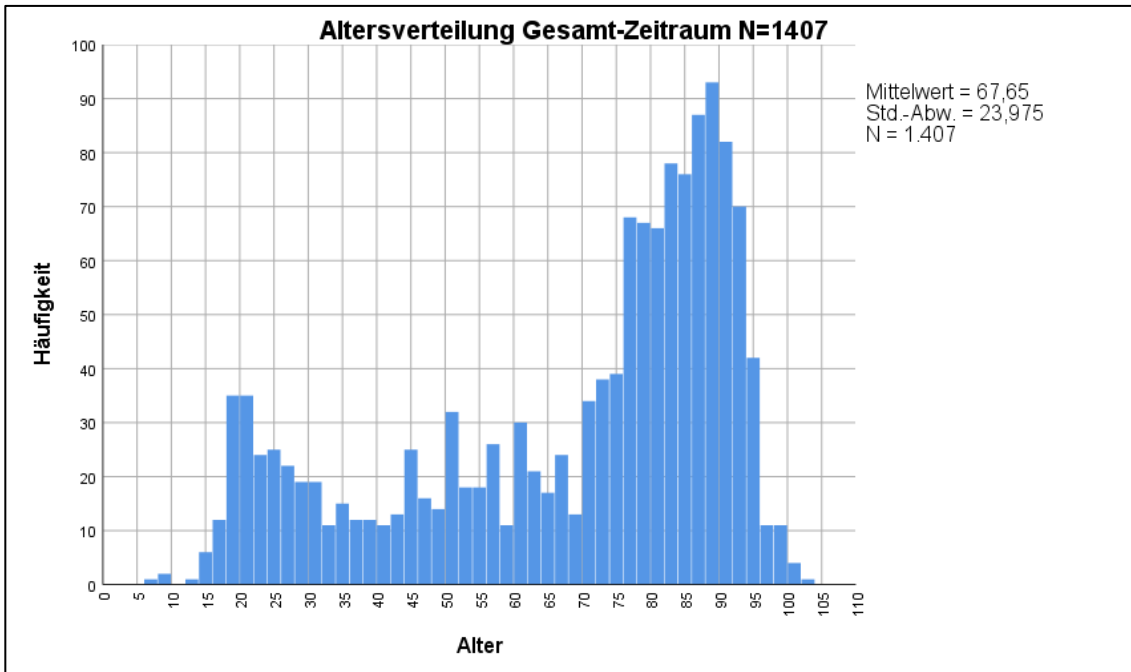


Abbildung 9: Balkendiagramm Altersverteilung des Patientenkollektivs über den Gesamt-Zeitraum

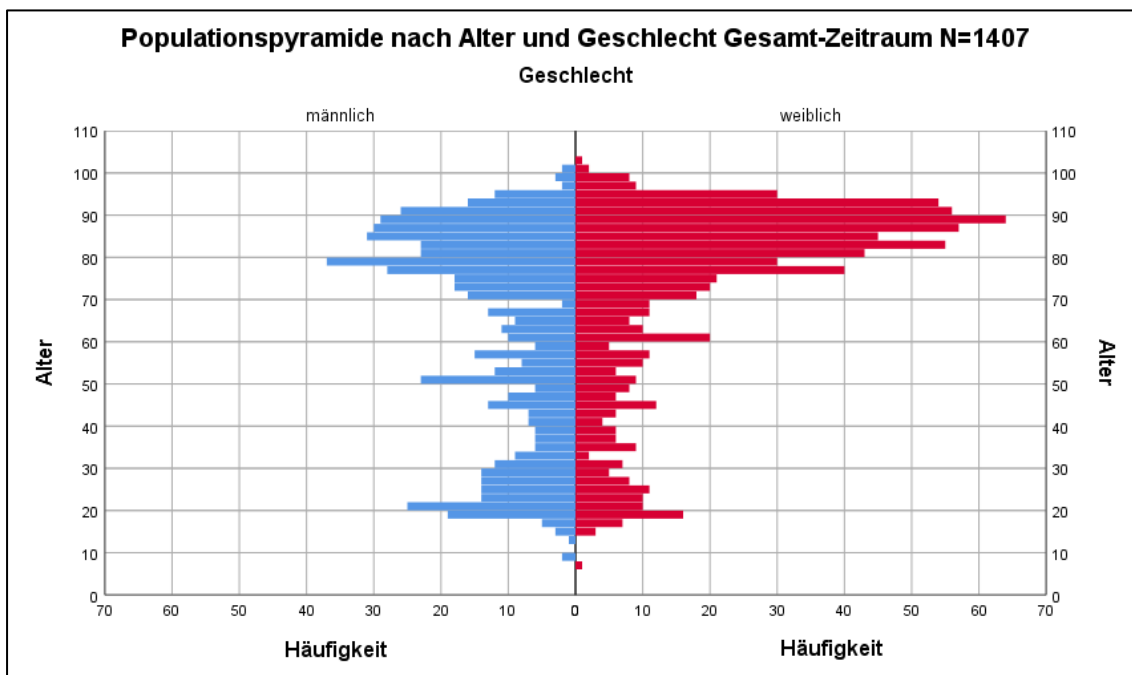


Abbildung 10: Populationspyramide nach Alter und Geschlecht für den Gesamt-Zeitraum

3.1.4 Unfallmechanismus

Der Hauptunfallmechanismus, welcher zu einer computertomografischen Untersuchung geführt hat, waren Sturzereignisse (74,5%), gefolgt von Verkehrsunfällen und Sonstigen Unfallmechanismen. Die grobe Aufteilung der Unfallmechanismen bleibt auch bei Betrachtung der einzelnen Jahre bestehen, allerdings verändert sich deren Verhältnis. So waren im Jahr 2010 nur 58,1% der Fälle auf Stürze zurückzuführen, während 31,4% Verkehrsunfälle waren. Im Jahr 2018 waren hingegen 82,1% der Unfallmechanismen Sturzereignisse und nur 12,5% Verkehrsunfälle.

Schlüsselt man die Sturzereignisse genauer auf, so zeigt sich, dass mit 93,8% der Großteil der Stürze Stolperstürze waren. Stürze aus größerer Höhe (über 1 Meter bzw. über 6 Meter) waren insgesamt sehr selten. Dies ist in den Jahren 2018 und 2014 sehr ähnlich, lediglich im Jahr 2010 ist der Anteil der Stürze aus über 1 Meter Höhe mit 16,2% recht hoch.

Die meisten Verkehrsunfälle sind auf Unfälle mit Zweirädern (53,7%) und auf Unfälle als Fahrzeug-Insasse (39,5%) zurückzuführen. Selten sind hingegen verunfallte Fußgänger (6,7%).

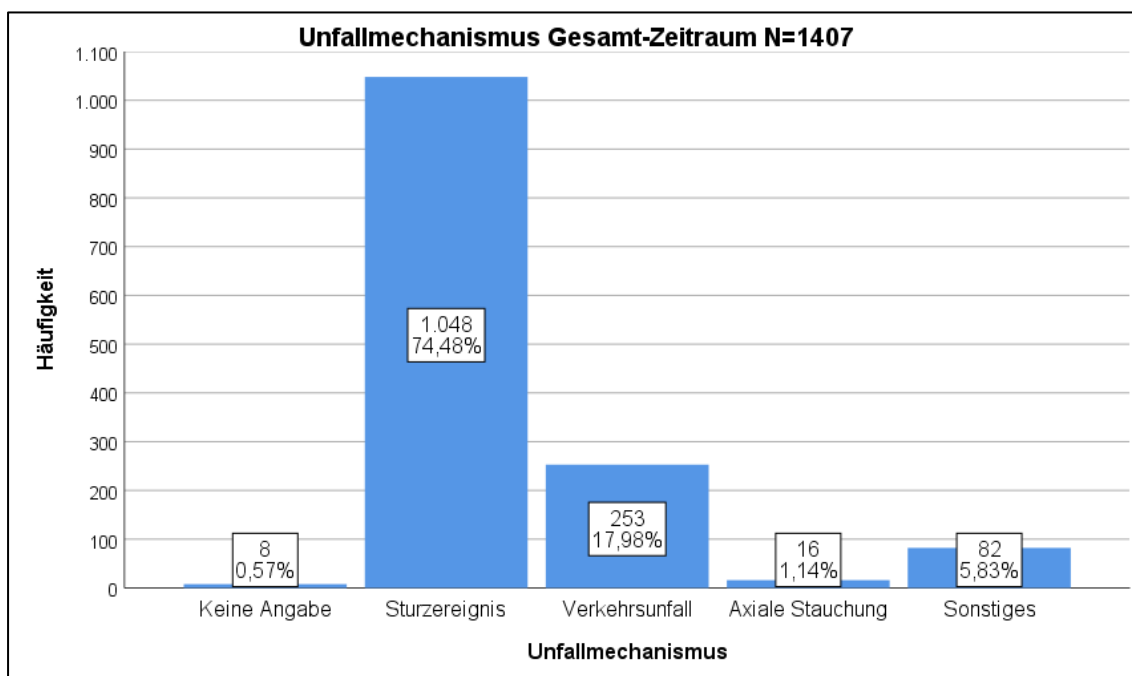


Abbildung 11: Balkendiagramm zur Übersicht über die Häufigkeit der verschiedenen Unfallmechanismen im Gesamt-Zeitraum

Untersuchungs- zeitraum	Unfallmechanismus				
	Sturzereignis	Verkehrs- unfall	Axiale Stauchung	Sonstiges	Keine Angabe
Gesamt-Zeitraum (N=1407)	1048 (74,5%)	253 (18,0%)	16 (1,1%)	82 (5,8%)	8 (0,6%)
2018 (N=598)	491 (82,1%)	75 (12,5%)	8 (1,3%)	20 (3,3%)	4 (0,7%)
2014 (N=618)	446 (72,2%)	118 (19,1%)	6 (1%)	44 (7,1%)	4 (0,6%)
2010 (N=191)	111 (58,1%)	60 (31,4%)	2 (1,0%)	18 (9,4%)	0 (0%)

Tabelle 2: Übersicht über die Häufigkeit der verschiedenen Unfallmechanismen in den Untersuchungsjahren

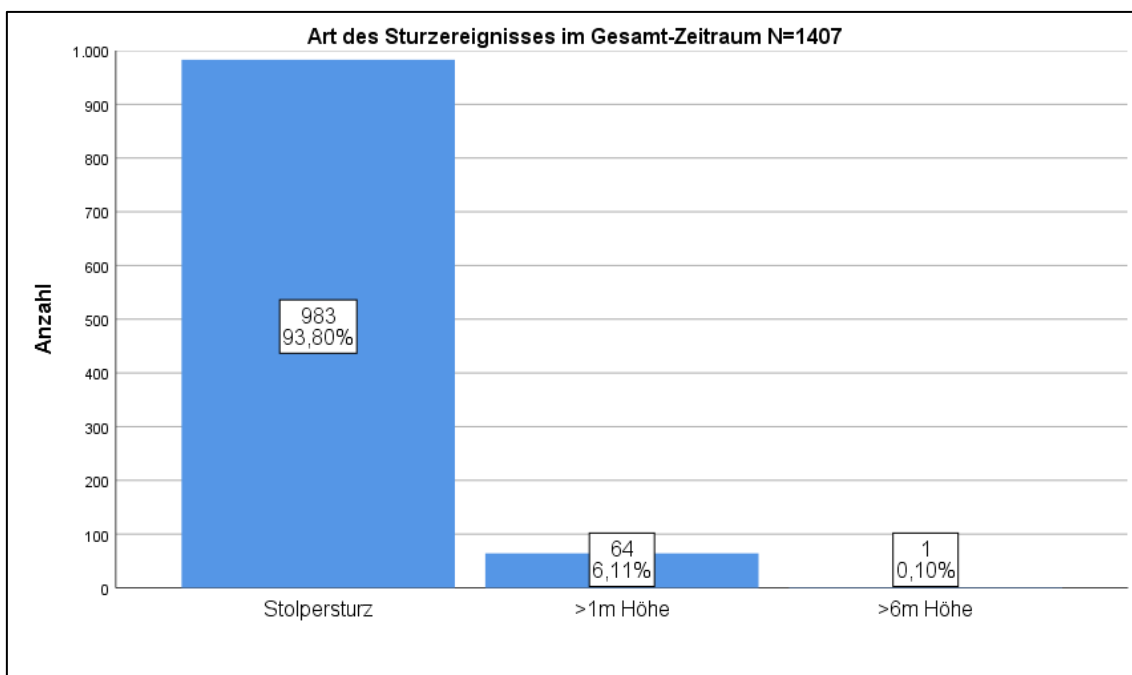


Abbildung 12: Balkendiagramm über die Häufigkeit der verschiedenen Sturzereignisse im Gesamt-Zeitraum

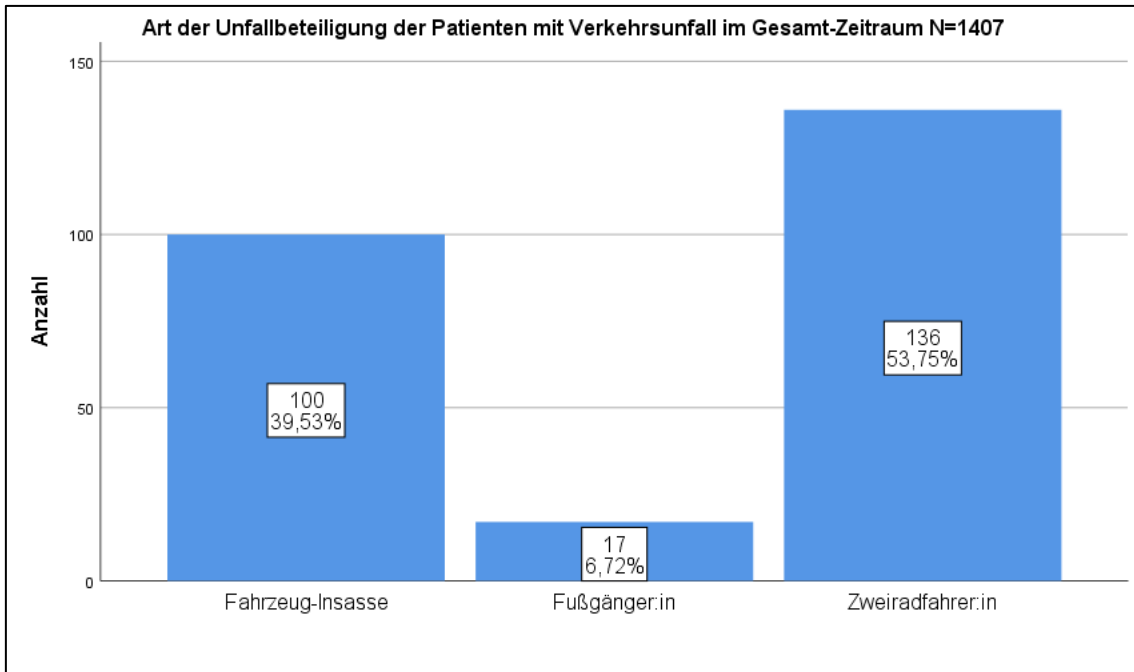


Abbildung 13: Balkendiagramm über die Art der Unfallbeteiligung von Patienten mit Verkehrsunfall im Gesamt-Zeitraum

3.1.5 Gerinnungswirksame Medikamente/Erkrankungen

32% der Patienten nahmen eine gerinnungswirksame Medikation ein oder litten an einer Erkrankung mit Blutungsneigung. Allerdings wurde nur bei 678 Patienten überhaupt etwas zur Blutverdünnung dokumentiert, bei mehr als die Hälfte der Patienten fehlt diese Angabe. Unter „Mehrfacheinnahme“ sind in dieser Tabelle alle Patienten zusammengefasst, welche mehrere der oben genannten Medikamente einnehmen. Das häufigste eingenommene Präparat war ASS, gefolgt von NOAKs und Marcumar.

Präparat/Erkrankung	Häufigkeit	Prozent
ASS	197	14
ADP-Rezeptor-Antagonist	20	1,4
Marcumar	87	6,2
Heparin	1	0,1
NMH	9	0,6
NOAK	112	8
Erkrankung mit Blutungsneigung	2	0,1
Mehrfacheinnahme	22	1,5
keine Einnahme	228	16,2
keine Angabe	729	51,8
Gesamt	1407	100

Tabelle 3: Anzahl der Patienten mit gerinnungswirksamer Medikation oder Erkrankung im Gesamt-Zeitraum

3.1.6 Intoxikation

Bei insgesamt 106 Fällen wurde eine Intoxikation dokumentiert, dies entspricht 7,6% der Gesamtzahl. Nur in einem Arztbrief war explizit dokumentiert, dass der Patient nicht intoxikiert ist. Bei den verbleibenden Patienten findet sich keine Angabe zur Intoxikation. In 105 Fällen lag eine Alkoholintoxikation vor, in nur einem Fall eine Intoxikation mit sonstigen Drogen. Im Vergleich über die Untersuchungsjahre bleibt der Anteil der Patienten mit Intoxikation weitestgehend gleich (2010: 7,9%, 2014: 7,1%, 2018: 7,9%). Bei 15,1% der intoxikierten Patienten wurde in unserer Untersuchung eine Traumafolge der HWS oder des Schädels radiologisch festgestellt. Dies entspricht in etwa der Quote des Gesamtkollektivs (14,4%).

3.1.7 Amnesie

Bei 832 Patienten lagen Angaben zur Amnesie vor. 15,9% der Patienten hatten eine dokumentierte anterograde oder retrograde Amnesie. 43,2% hatten keine Amnesie.

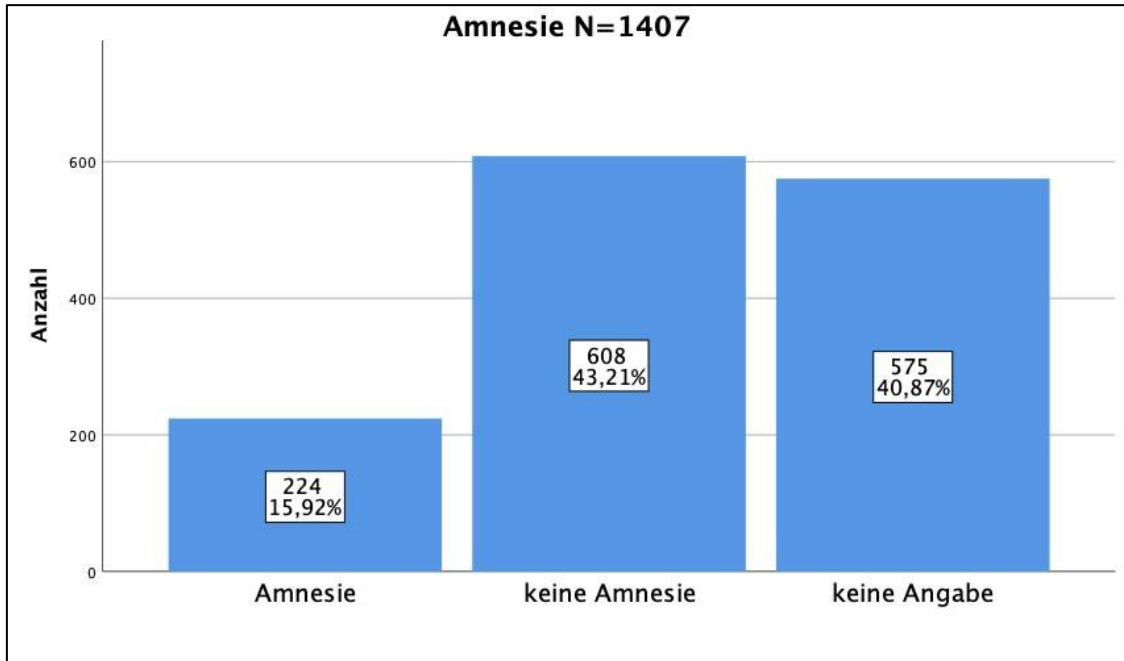


Abbildung 14: Anzahl der verschiedenen Ausprägungen der Variable Amnesie

Mit 22,5% war der Anteil der Patienten mit Amnesie im Jahr 2010 am größten. Da hier auch der Anteil der Patienten ohne Angabe zur Amnesie am größten war (48,2%), könnte die Dunkelziffer noch viel höher liegen. Da die Amnesie eine nicht unerhebliche Folge eines SHT ist, könnte man hierüber auch Rückschlüsse über die Schwere des erlittenen SHT ziehen.

3.1.8 Bewusstlosigkeit

154 (10,9%) der Patienten erlitten eine initiale Bewusstlosigkeit, nur ein Patient war zum Zeitpunkt der Untersuchung noch bewusstlos. 2 Patienten waren initial ansprechbar, sind aber im Verlauf der Behandlung eingetrübt. Der Großteil der Patienten war nie bewusstlos in Folge des Traumas (45,6%). Daten zur Bewusstlosigkeit lagen von 798 Patienten vor.

3.1.9 Erbrechen in zeitlichem Zusammenhang mit dem Trauma

Bei 105 Patienten war ein Erbrechen in zeitlichem Zusammenhang mit dem Trauma dokumentiert, das entspricht 7,5% des Kollektivs. Über die Hälfte der Patienten (53,5%)

hat nicht erbrochen. Bei 39% der Patienten wurden keine Angaben diesbezüglich gemacht.

Auch bei diesem Parameter ist das Jahr 2010 wieder Spitzenreiter mit einem Anteil an Patienten von 13,1%. Die Divergenz zwischen den Jahren ist recht hoch, 2014 waren es nur 5,3% der Patienten und 2018 7,9%.

3.1.10 Klinische Hinweise auf Kopfverletzungen

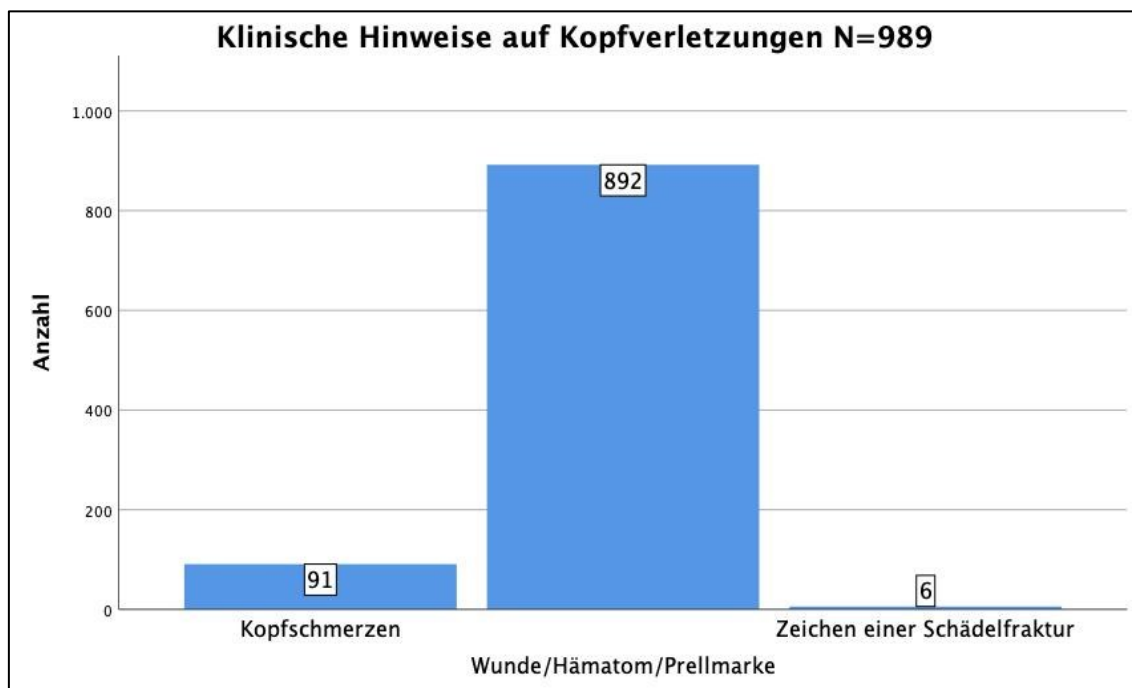


Abbildung 15: Klinische Hinweise auf Kopfverletzungen

Insgesamt bestand bei 989 (70,3%) Patienten nach der klinischen Untersuchung ein Hinweis auf eine Kopfverletzung in Folge des Traumas. Damit hatte ein Großteil der Patienten tatsächlich ein objektivierbares Kopfanpralltrauma. 15,6% hatten keinen klinischen Hinweis auf eine Beteiligung des Kopfes und 14,1% hatten keinen dokumentierten Untersuchungsbefund. Die geringe Anzahl der fehlenden Angaben zeigt hier die Wichtigkeit der körperlichen Untersuchung für die Indikationsstellung des CT. Im Jahr 2010 war die Dokumentation allerdings wieder recht lückenhaft, hier fehlten bei 32,5% die Angaben zur klinischen Untersuchung des Kopfes.

6,5% hatten nur Kopfschmerzen, 63,4% hatten eine Kopfplatzwunde, ein Hämatom oder eine Prellmarke und 0,4% hatten deutliche Zeichen einer Schädelfraktur.

3.1.11 Schmerzen im Bereich der HWS und der umliegenden Muskulatur

Schmerzen in der Region der HWS hatten 21,1% der Patienten. Keine Schmerzen in dem Bereich hatten mit 47,1% fast die Hälfte der Patienten. Für die restlichen 31,8% gab es keine Angabe hierzu. Die Leitlinie „Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule“ spricht von einer Notwendigkeit zur Überprüfung des Mittelliniendruckschmerzes um knöcherne Verletzungen auszuschließen [8].

Dies wurde im Jahr 2010 offensichtlich am wenigsten durchgeführt bzw. dokumentiert, hier liegt der Anteil der Patienten ohne Angabe hierzu bei 53,9%. Allerdings wurde bei Patienten, wo eine Dokumentation vorlag, mit 31,9% überdurchschnittlich oft Schmerzen im Bereich der HWS gefunden.

3.1.12 (Schmerzhafte) Bewegungseinschränkung der HWS

Im untersuchten Patienten kollektiv zeigten 91 Patienten (6,5%) eine Bewegungseinschränkung der HWS in der klinischen Untersuchung. Ob diese funktionell oder schmerzbedingt war, wurde nicht unterschieden. 606 Patienten (43,1%) hatten keine Bewegungseinschränkung. Für die anderen 710 Patienten (50,4%) lagen keine Angaben zum Bewegungsumfang der Halswirbelsäule vor.

3.1.13 Sensibilitätsstörungen

Bei fast dreiviertel des Patientenkollektivs (73,2%) wurde die Sensibilität geprüft und dokumentiert, was den hohen Stellenwert dieser Untersuchung unterstreicht. Lediglich 38 Patienten (2,7%) gaben eine Sensibilitätsstörung der Extremitäten an, oder hatten einen dahingehend positiven Untersuchungsbefund. Bei 991 (70,4%) Patienten war keine Störung der Sensibilität festzustellen.

Im Vergleich über die Untersuchungsjahre zeigen sich hier wieder sehr unterschiedliche Ergebnisse:

2010: 6,8% Patienten mit Sensibilitätsstörungen

2014: 2,3% Patienten mit Sensibilitätsstörungen

2018: 1,8% Patienten mit Sensibilitätsstörungen

3.1.14 Motorische Ausfälle

Ähnlich wie in Punkt 3.1.12 war die Datenlage bei den motorischen Ausfällen. Für 72,7% der Patienten lag eine Dokumentation vor. In der klinischen Untersuchung zeigte sich bei 8 Patienten (0,6%) eine neu aufgetretene motorische Störung. 1015 Patienten (72,1%) hatten keine Probleme mit der Motorik.

Den größten Anteil an Patienten mit motorischen Ausfällen hat wieder das Jahr 2010 (2,1%), auch absolut betrachtet ist die Zahl in diesem Untersuchungsjahr mit 4 Patienten am höchsten.

3.1.15 Extremitätentrauma

Insgesamt hatten 48,7% der Patienten ein dokumentiertes Extremitätentrauma. 27,7% hatten keine Verletzungen der Extremitäten. Zu den restlichen 23,6% gab es keine Angabe. Die Traumata wurden differenziert in sonstige Verletzungen (33,2% des Gesamtkollektivs) und Frakturen (15,5% des Gesamtkollektivs).

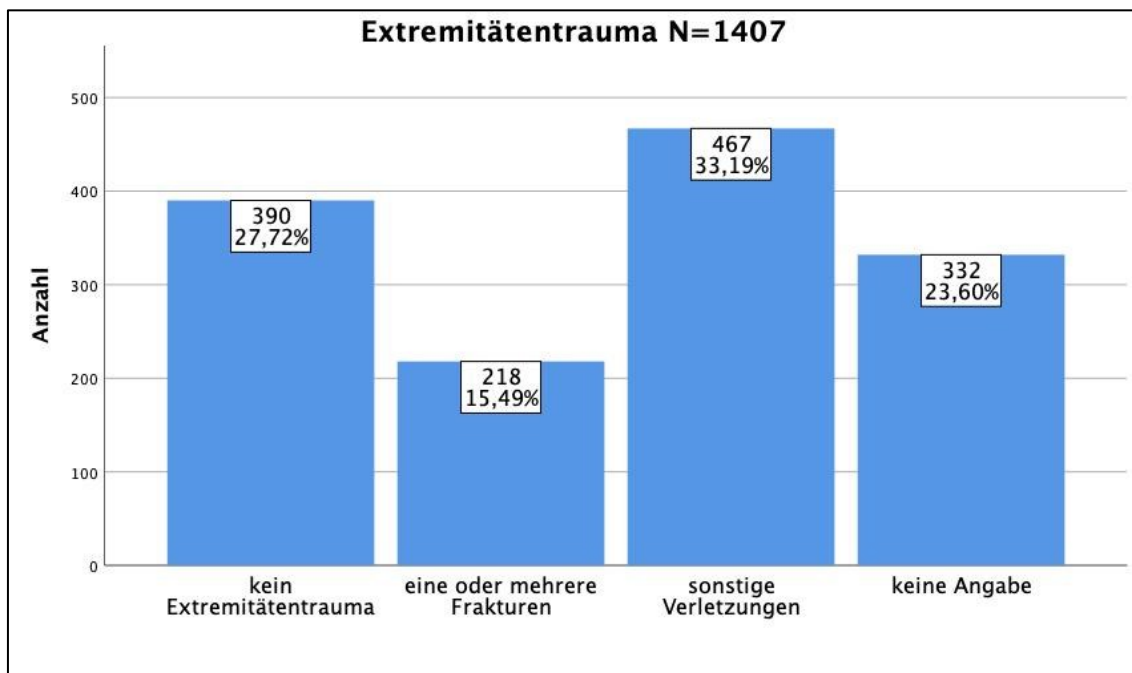


Abbildung 16: Verschiedene Ausprägungen der Variable Extremitätentrauma

Extremitätentrauma	Untersuchungsjahr			
	Gesamt-Zeitraum (N=1407)	2018 (N=598)	2014 (N=618)	2010 (N=191)
kein Extremitätentrauma	390 (27,7%)	226 (37,8%)	137 (22,2%)	27 (14,1%)
eine oder mehrere Frakturen	218 (15,5%)	98 (16,4%)	92 (14,9%)	28 (14,7%)
sonstige Verletzungen	467 (33,2%)	206 (34,4%)	217 (35,1%)	44 (23%)
keine Angabe	332 (23,6%)	68 (11,4%)	172 (27,8%)	92 (48,2%)

Tabelle 4: Extremitäten Trauma im Vergleich der untersuchten Jahre

3.1.16 Degenerative Veränderungen der Halswirbelsäule

Bei 1041 (74%) Radiologischen Befunden wurde von degenerativen Veränderungen im Bereich der Halswirbelsäule berichtet. Lediglich bei 3,2% lag laut schriftlichem Befund keine Degeneration vor. Bei 22,8% fand sich hierzu keine dokumentierte Aussage. Die Patienten, bei welchen eine Degeneration nicht explizit beschrieben war, waren im Schnitt 35,8 Jahre alt und somit wesentlich jünger als die Gesamtkohorte.

3.1.17 Traumafolgen

Insgesamt wurden bei 202 von insgesamt 1407 computertomografischen Untersuchungen im Studienzeitraum eine bzw. mehrere parallele Traumafolgen festgestellt. Dies entspricht einer Quote von 14,4% der Patienten, welche durch das Trauma eine radiologisch diagnostizierte Verletzung erlitten. Gewertet wurden hierbei Frakturen des Schädels oder der HWS, sowie Hirnblutungen. Weichteilverletzungen zählen nicht zu den hier berücksichtigten Traumafolgen. Selbstverständlich kann ein Patient auch mehrere dieser Verletzungen parallel haben, daher kann es sein, dass die Zahl der einzelnen Traumafolgen größer ist, als die Zahl der gesamten Patienten mit Traumafolge. Das Durchschnittsalter der Patienten mit Traumafolge beträgt 69,21 Jahre bei einer Spannweite von 14 bis 101. 45,5% waren Männer und 54,5% waren Frauen. Circa zwei Drittel dieser Patienten (66,8%) waren zum Untersuchungszeitpunkt älter als 65 Jahre.

155 Patienten hatten eine Traumafolge im Bereich des Schädels (11%), also entweder eine Fraktur einer knöchernen Struktur, eine Hirnblutung oder die Kombination aus beidem.

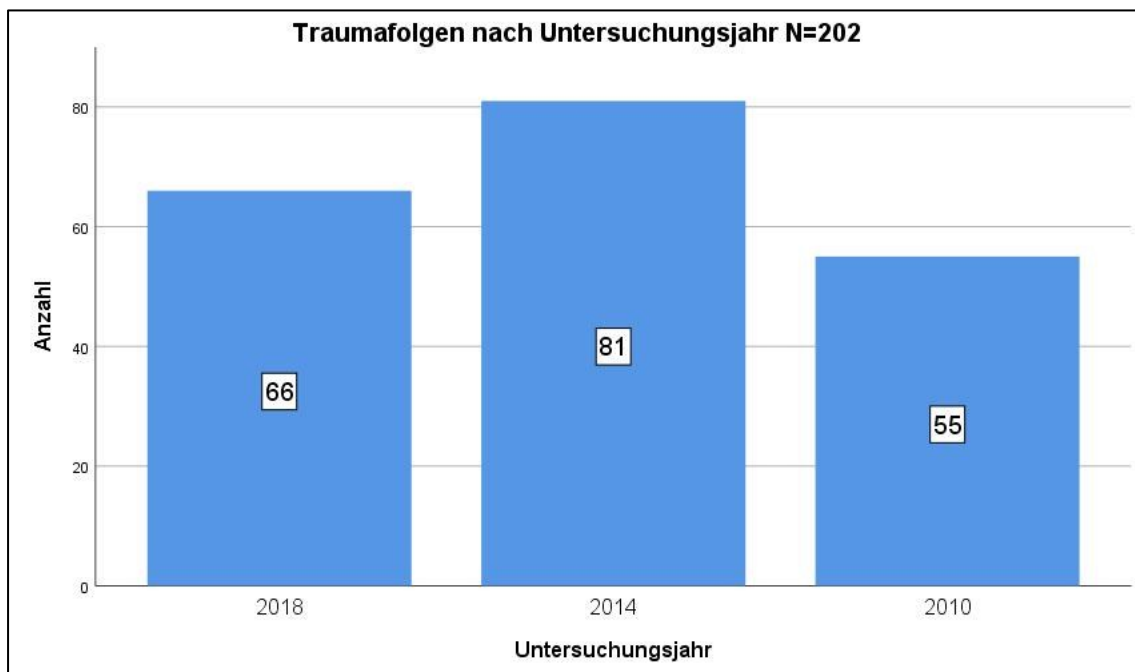


Abbildung 17: Anzahl der detektierten Traumafolgen in den untersuchten Jahren

Im Jahr 2010 wurden relativ betrachtet die meisten Verletzungen festgestellt. Hier ergaben 28,8% der Untersuchungen eine Traumafolge. Dies unterscheidet sich zu den beiden anderen Jahren deutlich, hier wurden bei nur 11% (2018) bzw. 13,1% (2014) Unfallfolgen diagnostiziert.

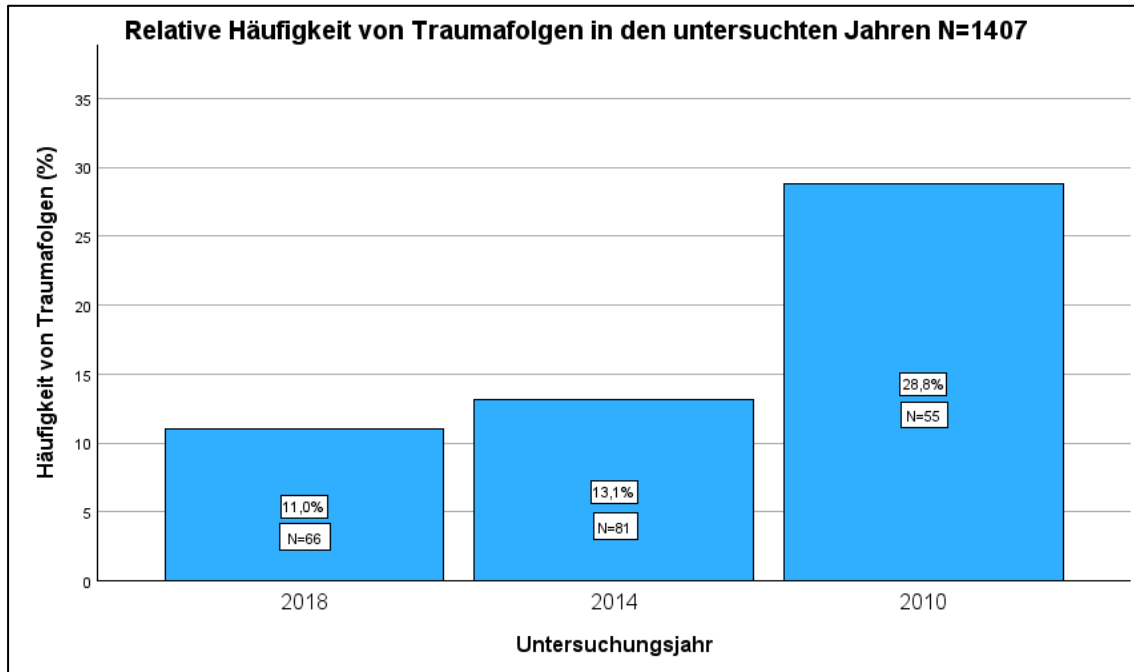


Abbildung 18: Balkendiagramm mit der relativen Häufigkeit von Traumafolgen je nach Untersuchungsjahr. Beschriftung in den Balken mit Prozentzahl und absoluter Anzahl an Untersuchungen mit Traumafolge.

3.1.17.1 Traumafolgen des knöchernen Schädels

Frakturen des Schädels, also sowohl von Viscerocranium als auch von Neurocranium zusammengenommen, wurden insgesamt bei 100 Patienten (7,1%) diagnostiziert. 24-mal wurde eine Fraktur im Bereich des Neurocraniums festgestellt, dies sind 1,7% aller Fälle. Frakturen im Bereich des Viscerocraniums waren mit 87 Fällen gleichwohl deutlich häufiger (6,1%).

Einzelnen über die untersuchten Jahre betrachtet, zeigt sich ein ähnliches Bild wie bereits bei der Gesamtzahl der Traumafolgen im Absatz oben. Das Jahr 2010 sticht mit 15,2% Schädelfrakturen an allen untersuchten Patienten deutlich heraus. 2014 hatten nur 6% aller Patienten eine Fraktur im Bereich des Schädels, 2018 nur 5,7%.

In den radiologischen Befunden konnte man die Verletzungen des Neurocraniums in Schädelbasisfrakturen, Kalottenfrakturen sowie rein weichteilige Verletzungen aufteilen. 316 Patienten hatte eine reine Weichteilverletzung im Bereich des

Neurocraniums. Ansonsten zeigten sich 14 Kalottenfrakturen, 7 Schädelbasisfrakturen und 3 kombinierte Kalotten- und Schädelbasisfrakturen.

Neben den oben erwähnten, knöchernen Verletzungen des Viscerocraniums, wurden in diesem Bereich bei 32 Patienten nur weichteilige Verletzungen im radiologischen Befund beschrieben.

Interessant ist, dass bei 14 von 100 Patienten mit Fraktur des Schädels ebenfalls eine Hirnblutung diagnostiziert wurde. Bei den Patienten ohne Fraktur im Bereich des Schädels ist diese Rate mit 4,2%, welche eine Hirnblutung hatten, bedeutend geringer.

3.1.17.2 Hirnblutungen

Die nächsten Zahlen beziehen sich auf die Verletzungen des Gehirns, genauer auf die Hirnblutungen. Bei 69 Patienten wurde in der CT-Untersuchung des Schädels eine oder mehrere parallel vorliegende Hirnblutungen gefunden. Dies entspricht 4,9% des Gesamtkollektivs. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 71,5 Jahre bei einer Spannweite zwischen 16 und 101. Von 69 Patienten mit Hirnblutung waren 48 über 65 Jahre alt, dies entspricht 69,6%. 27 (39,1%) Patienten waren männlich, 42 (60,9%) Patienten waren weiblich. Über die untersuchten Jahre gesehen verteilt sich dies wie folgt:

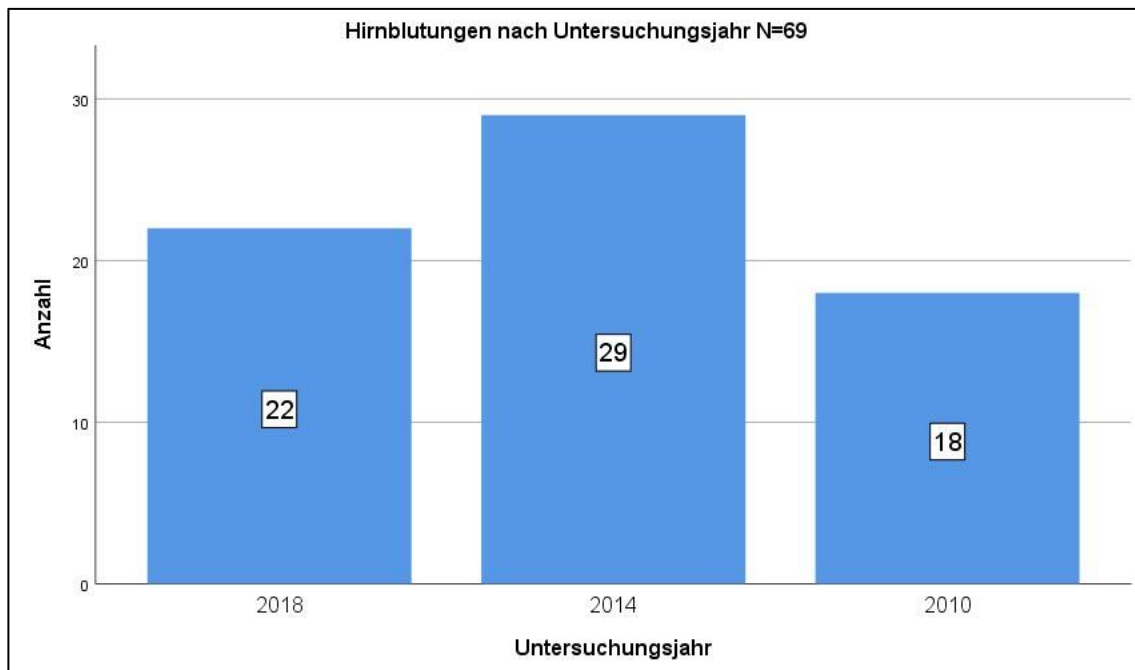


Abbildung 19: Anzahl der intracraniellen Blutungen in den untersuchten Jahren

Im Jahr 2014 gab es absolut gesehen die meisten Hirnblutungen. Im Vergleich zur Anzahl der jeweils untersuchten Patienten war jedoch das Jahr 2010 Spitzenreiter. Hier wurde bei 9,42% der Untersuchungen eine Hirnblutung festgestellt. Im Jahr 2014 waren dies 4,69% und im Jahr 2018 waren es 3,68%.

Die verschiedenen Blutungsarten wurden unterschiedlich häufig diagnostiziert. Am häufigsten waren Subduralblutungen, gefolgt von Subarachnoidalblutungen. Ebenfalls recht häufig waren kombinierte Blutungsentitäten.

Auch hier sticht wieder das Jahr 2010 heraus, dort wurden 52,9% aller kombinierten Hirnblutungen festgestellt. Für alle im Jahr 2010 detektierten Blutungen bedeutet dies, dass die Hälfte hiervon Kombinationsverletzungen waren.

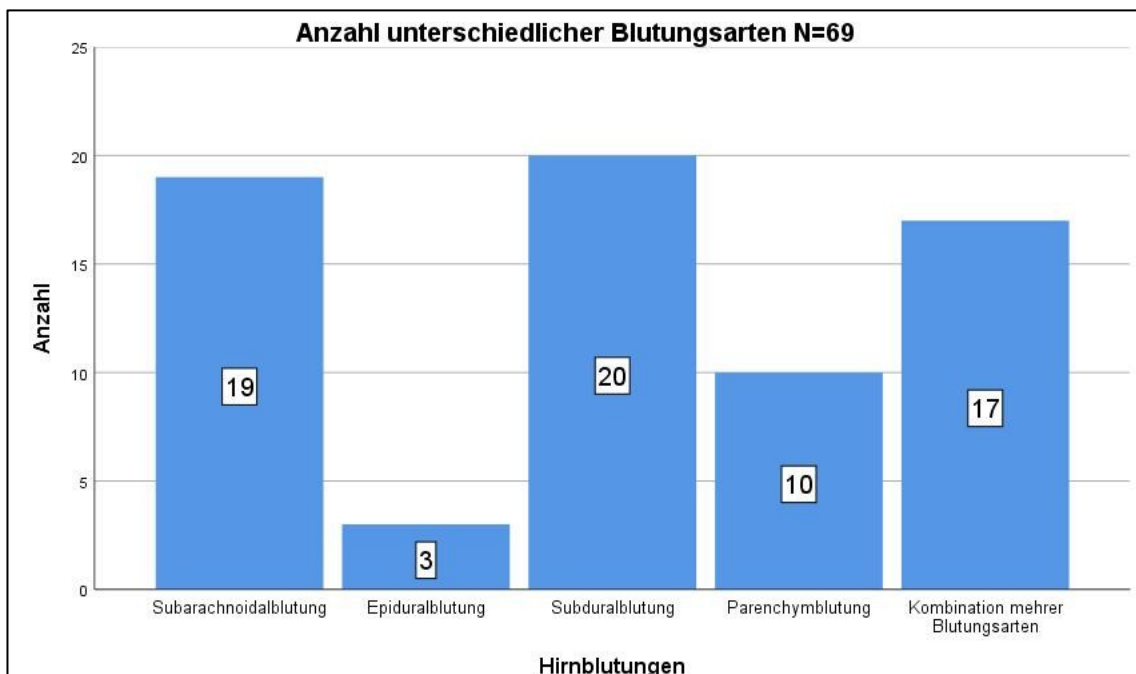


Abbildung 20: Anzahl der unterschiedlichen intracraniellen Blutungsarten

3.1.17.3 Traumafolgen der Halswirbelsäule

Es traten insgesamt 56 Traumafolgen der Halswirbelsäule auf. Dies entspricht 4% der Gesamt-Patientenzahl. Das Alter der Patienten lag zwischen 17 und 94 Jahren, bei einem Durchschnittsalter von 72,1. Von 56 Patienten mit Traumafolge der HWS waren 42 über 65 Jahre alt, dies entspricht 75%. 25 (44,6%) Patienten waren männlich, 31 (55,4%) Patienten waren weiblich. Betrachtet man die untersuchten Jahre einzeln zeigt sich folgende Verteilung:

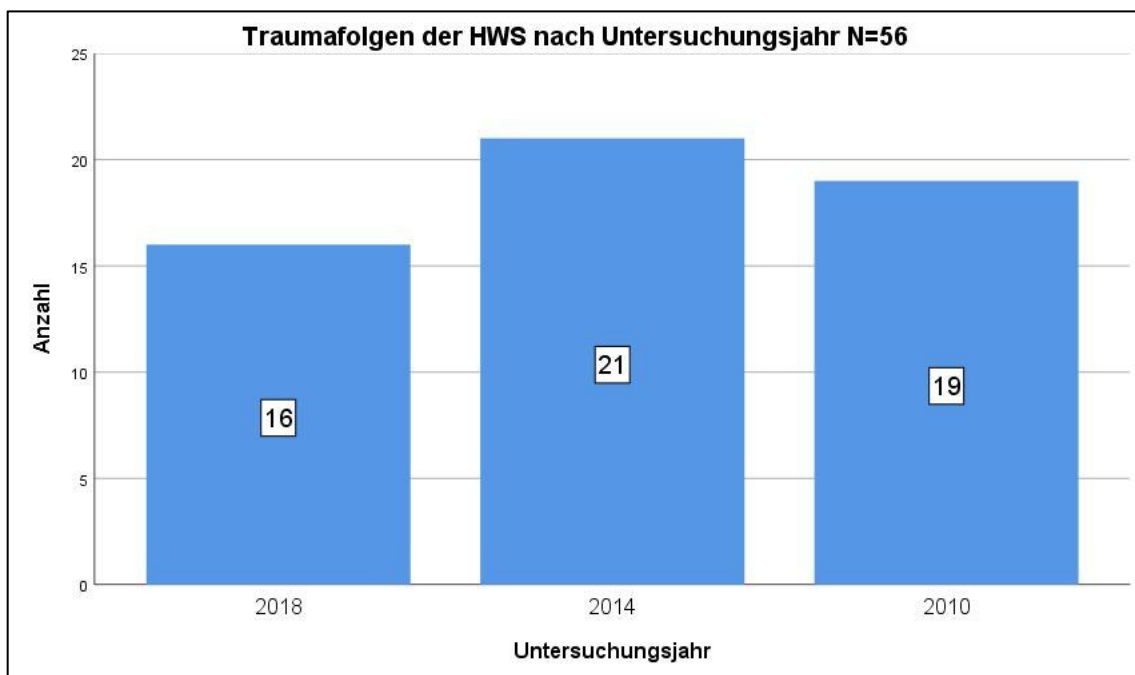


Abbildung 21: Traumafolgen der HWS in den untersuchten Jahren

Im Jahr 2010 hatten 9,95% der Patienten eine Fraktur der Halswirbelsäule. Dies ist sehr viel mehr als in den anderen beiden Jahren. So hatten 2014 nur 3,4% der Patienten und 2018 sogar nur 2,68% eine Traumafolge der HWS.

Schaut man sich die Lokalisation der HWS-Verletzungen an, so betreffen 31 Traumafolgen die obere Halswirbelsäule. Dabei sind in 9 Fällen sowohl 1. als auch 2. Halswirbel betroffen. Der Axis ist mit 30 diagnostizierten Traumafolgen dreimal so häufig betroffen wie der Atlas mit 10 Traumafolgen. Bei 26 der 30 Patienten mit Unfallfolge im Bereich des 2. Halswirbels lag eine Fraktur des Dens axis vor, wovon 3 Patienten neben der Densfraktur eine sonstige Fraktur des Axis aufwiesen. 22 (71%) der Verletzungen der oberen HWS traten bei Frauen auf, wohingegen nur 9 Männer davon betroffen waren (29%).

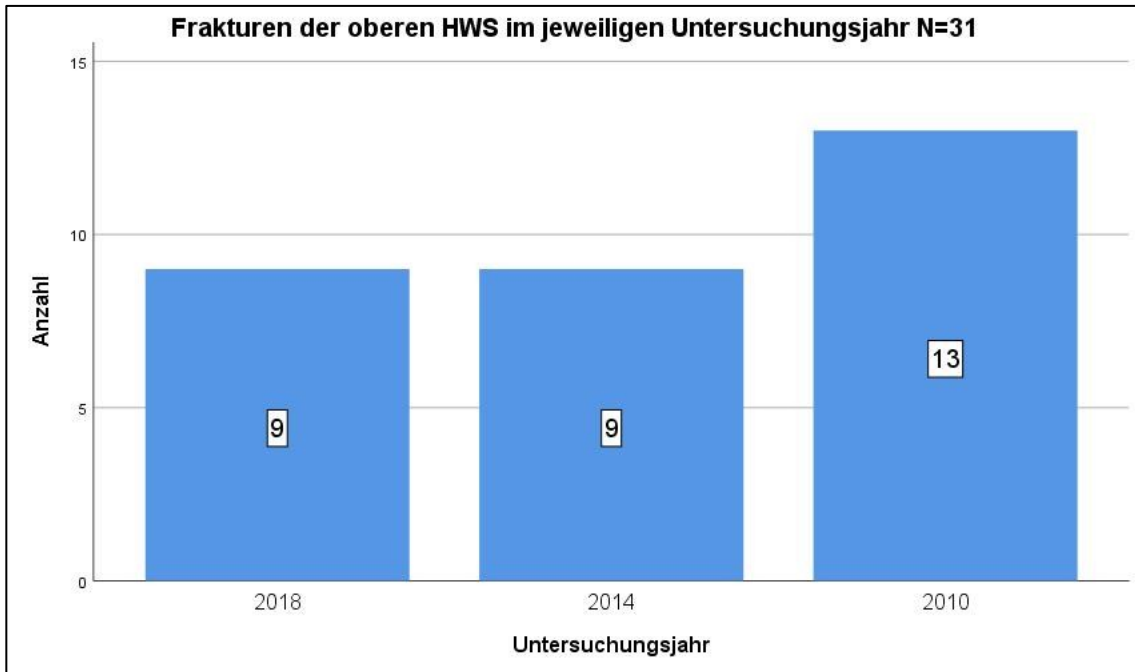


Abbildung 23: Balkendiagramm mit den Frakturen der oberen HWS in den untersuchten Jahren

Die subaxiale Halswirbelsäule war bei 29 Untersuchungen von einer Traumafolge betroffen. Bei dieser Lokalisation war das Geschlechterverhältnis mit 11 Frauen (37,9%) und 18 betroffenen Männern (62,1%) umgekehrt wie bei der oberen Halswirbelsäule.

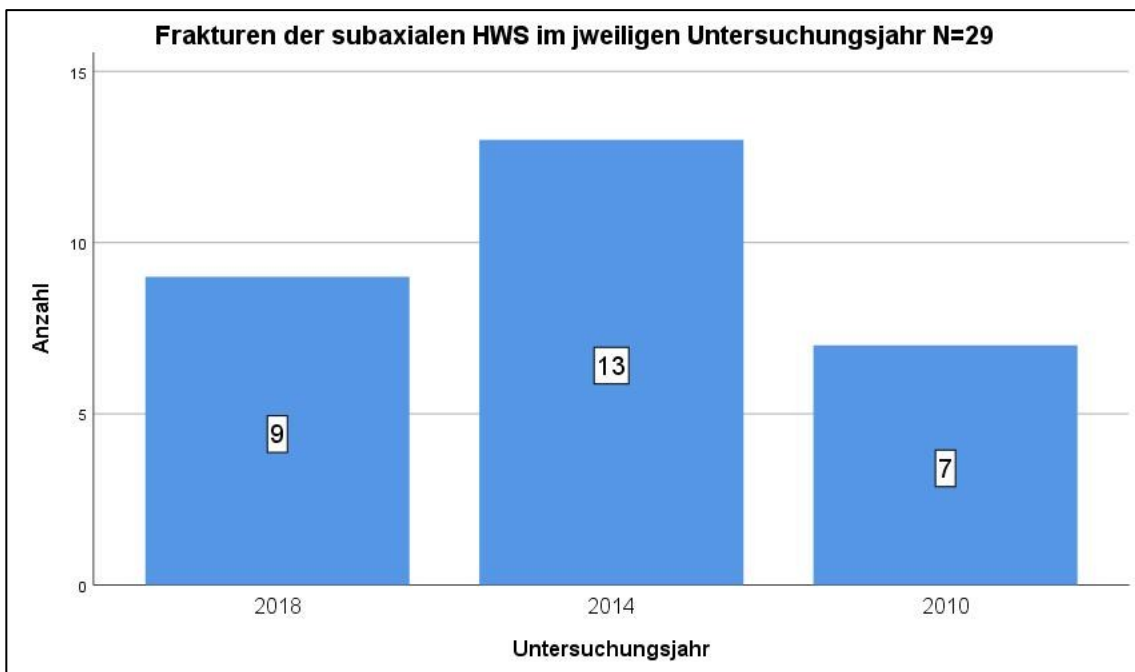


Abbildung 22: Balkendiagramm mit den Frakturen der subaxialen HWS in den untersuchten Jahren

Insgesamt waren 4 Patienten von einer gleichzeitigen Fraktur der oberen und der unteren Halswirbelsäule betroffen.

3.1.17.4 Kombinierte Traumafolgen von HWS und Schädel

Im folgenden Teil werden gleichzeitig vorliegende Verletzungen von Schädel und HWS betrachtet und ausgewertet. Am gesamten Patientenkollektiv, welches eine Kombinierte Computertomografische Untersuchung von HWS und Schädel bekommen hat, macht der Anteil an Patienten, welche auch tatsächlich in beiden Körperbereichen eine Verletzungsfolge aufweisen gerade einmal 0,64% aus. Es wurden bei insgesamt 9 Patienten in den drei untersuchten Jahren gleichzeitige Verletzungen festgestellt. Es handelt sich dabei um 5 Frauen und 4 Männer. Zeitlich gesehen wurden in jedem einzelnen Jahr der Untersuchung bei 3 Patienten diese Verletzungskombination festgestellt. Dabei sind 7 der 9 Patienten über 65 Jahre, 6 Patienten sind sogar über 80 Jahre.

Patient 1	
Geschlecht	männlich
Alter in Jahren	88
Untersuchungsjahr	2018
Unfallmechanismus	Sturzereignis
Verletzungen der HWS	Densfraktur
Verletzungen des Schädels	Fraktur Viscerocranium
Patient 2	
Geschlecht	weiblich
Alter in Jahren	90
Untersuchungsjahr	2018
Unfallmechanismus	Sturzereignis
Verletzungen der HWS	Atlas-Fraktur & Densfraktur
Verletzungen des Schädels	Subduralhämatom & Fraktur Viscerocranium
Patient 3	
Geschlecht	weiblich
Alter in Jahren	85
Untersuchungsjahr	2018
Unfallmechanismus	Sturzereignis
Verletzungen der HWS	Densfraktur
Verletzungen des Schädels	Kalotten-Fraktur & Fraktur Viscerocranium

Tabelle 5: Patienten mit kombinierter HWS und Schädelverletzung im Untersuchungsjahr 2018

Patient 4	
Geschlecht	männlich
Alter in Jahren	39
Untersuchungsjahr	2014
Unfallmechanismus	Axiales Stauchungstrauma
Verletzungen der HWS	Fraktur Subaxiale HWS
Verletzungen des Schädels	Subduralhämatom & Subarachnoidalblutung
Patient 5	
Geschlecht	männlich
Alter in Jahren	27
Untersuchungsjahr	2014
Unfallmechanismus	Zweiradunfall
Verletzungen der HWS	Fraktur Subaxiale HWS
Verletzungen des Schädels	Kalotten-Fraktur & Schädelbasisfraktur & Fraktur Viscerocranium
Patient 6	
Geschlecht	weiblich
Alter in Jahren	83
Untersuchungsjahr	2014
Unfallmechanismus	Sturzereignis
Verletzungen der HWS	Densfraktur
Verletzungen des Schädels	Fraktur Viscerocranium

Tabelle 6: Patienten mit kombinierter HWS und Schädel Verletzung im Untersuchungsjahr 2014

Patient 7	
Geschlecht	männlich
Alter in Jahren	69
Untersuchungsjahr	2010
Unfallmechanismus	Zweiradunfall
Verletzungen der HWS	Fraktur Subaxiale HWS
Verletzungen des Schädels	Epiduralhämatom & Kalottenfraktur & Fraktur Viscerocranium
Patient 8	
Geschlecht	weiblich
Alter in Jahren	84
Untersuchungsjahr	2010
Unfallmechanismus	Sturzereignis
Verletzungen der HWS	Densfraktur
Verletzungen des Schädels	Epiduralhämatom & Kalottenfraktur
Patient 9	
Geschlecht	weiblich
Alter in Jahren	89
Untersuchungsjahr	2010
Unfallmechanismus	Sturzereignis
Verletzungen der HWS	Densfraktur
Verletzungen des Schädels	Fraktur Viscerocranium

Tabelle 7: Patienten mit kombinierter HWS und Schädel Verletzung im Untersuchungsjahr 2010

3.1.18 Indikationen zur Bildgebung

Im Folgenden werden die Entscheidungshilfen zur Bildgebung der Halswirbelsäule und des Schädels jeweils isoliert betrachtet. Die Anwendung der klinischen Entscheidungshilfen ist in der retrospektiven Auswertung nicht einfach, da viele Parameter, die hierfür benötigt werden, nicht dokumentiert sind. In der Auswertung wird daher nur auf eindeutig dokumentierte Parameter zurückgegriffen, falls keine Angaben hierzu vorliegen, wird eine Indikation als gegeben gewertet.

3.1.18.1 „Canadian CT Head Rule“

Risikofaktor nach Canadian CT Head Rule	Entsprechende Variable in unserer Auswertung	Anzahl Patienten mit zutreffendem Risikofaktor
Hochrisikofaktoren		
GCS<15 2h nach Verletzung	Bewusstlosigkeit zum Zeitpunkt der Untersuchung oder im Verlauf eingetrübt	3 (0,21%)
V.a. offenes SHT oder Impressionsfraktur	Kalottenfraktur	17 (1,2%)
Klinische Hinweise auf Schädelbasisfraktur	Schädelbasisfraktur	10 (0,71%)
zweimaliges Erbrechen	Erbrechen	105 (7,5%)
Alter > 65 Jahre	Alter > 65 Jahre	913 (64,9%)
Mittlere Risikofaktoren		
Anterograde Amnesie >30 Minuten	Amnesie	224 (15,9%)
Gefährlicher Unfallmechanismus	Sturz über 1m, Verkehrsunfall jeglicher Art, Axiale Stauchung	334 (23,7%)

Tabelle 8: Indikationen zur Bildgebung nach der Canadian CT Head Rule

Betrachtet man die Indikationen für ein Schädel CT nach der Canadian CT Head Rule, so haben 1198 Patienten in unserer Untersuchung mindestens ein Risikofaktor. Bei fehlender Dokumentation eines Risikofaktors wurde dieser als nicht gegeben gewertet. Schon 913 Patienten erfüllen den Hochrisikofaktor des Alters über 65 Jahre. Allerdings ist die Anwendung der Canadian CT Head Rule laut den Autoren nur bei stattgehabtem Bewusstseinsverlust oder Desorientierung oder Amnesie anwendbar. Außerdem ist die

Entscheidungshilfe nicht anwendbar bei Patienten unter 16 Jahren, bei Patienten mit gerinnungswirksamer Medikation oder Gerinnungsstörungen oder bei Patienten mit Krampfanfällen. Dies macht eine Anwendung auf unser Patientenkollektiv schwierig und die Ergebnisse nicht vergleichbar.

3.1.18.2 „News Orleans Criteria“

Kriterium nach New Orleans Criteria	Entsprechende Variable in unserer Auswertung	Anzahl Patienten mit zutreffendem Kriterium
New Orleans Criteria		
Kopfschmerzen	Kopfschmerzen	91 (6,5%)
Erbrechen	Erbrechen	105 (7,5%)
Alter >60 Jahre	Alter >60 Jahre	972 (69,1%)
Intoxikation mit Drogen oder Alkohol	Intoxikation	106 (7,5%)
Störung des Kurzzeitgedächtnisses	Amnesie	224 (15,9%)
Klinische Hinweise auf Trauma oberhalb der Clavicula	Wunde, Prellmarke, Zeichen einer Schädelfraktur	898 (63,8%)
Krampfanfall	keine Entsprechung in unserer Auswertung	----

Tabelle 9: Indikationen zur Bildgebung nach den New Orleans Kriterien

Bei der Indikationsstellung nach den New Orleans Kriterien haben 1176 Patienten eine Indikation zur Schädel Bildgebung. Bei fehlender Dokumentation eines Kriteriums wurde dieses als nicht gegeben gewertet. Das Kriterium „Krampfanfall“ wurde ausgeklammert, da keine Dokumentation hinsichtlich eines Krampfanfalls stattgefunden hat. Ein Großteil der Patienten hat auch mit dieser klinischen Entscheidungshilfe eine Indikation allein aufgrund des Alters oder aufgrund von Kopfverletzungen. Das Kriterium des Traumas oberhalb der Clavicula ist ein sehr weitgefasster Parameter.

3.1.18.3 „National Emergency X-Radiography Utilization Study“ (NEXUS)

Kriterien nach den Vorgaben der NEXUS	Entsprechende Variable in unserer Auswertung	Anzahl Patienten mit zutreffendem Kriterium
NEXUS Kriterien		
Druckschmerz über der Mittellinie der HWS	Schmerzen im Bereich der HWS	297 (21,1%)
Fokales neurologisches Defizit	Sensibilitätsstörungen, motorischen Ausfälle	40 (2,8%)
Eingeschränkte Vigilanz	Bewusstlosigkeit zum Zeitpunkt der Untersuchung	3 (0,3%)
Hinweis auf Intoxikation	Intoxikation	106 (7,5%)
Von der HWS-Verletzung ablenkende schwere Verletzung	Extremitätenfraktur	218 (15,5%)

Tabelle 10: Indikationen zur Bildgebung nach den NEXUS Kriterien

Im Sinne der NEXUS Kriterien haben 589 Patienten eine Indikation zur Bildgebung der HWS, vorausgesetzt man wertet bei fehlender Dokumentation eines Kriteriums dieses als nicht vorhanden.

3.1.18.4 „Canadian C-Spine Rule“ (CCR)

Kriterien nach der CCR	Entsprechende Variable in unserer Auswertung	Anzahl Patienten mit zutreffendem Kriterium
Hochrisikofaktoren		
Alter >65 Jahre	Alter >65 Jahre	913 (64,9%)
Gefährlicher Unfallmechanismus	Sturz aus über 1m, Axiale Stauchung, Verkehrsunfall jeglicher Art	334 (23,7%)
Parästhesien der Extremitäten	Sensibilitätsstörungen	38 (2,7%)
Niedrigrisikofaktoren		
Einfacher Auffahrunfall	keine Entsprechung	---
Sitzende Position in der Notaufnahme	keine Entsprechung	---
Ambulanter Aufnahmezustand	Ambulante Aufnahme	837 (59,5%)
Verzögerter Beginn von Nackenschmerzen	keine Entsprechung	---
Fehlender Druckschmerz über der Mittellinie der HWS	Keine Schmerzen im Bereich der HWS	1110 (78,9%)
Rotationsprüfung	Bewegungseinschränkung der HWS	91 (6,47%)

Tabelle 11: Indikationen zur Bildgebung nach der Canadian C-Spine Rule

Die Überprüfung der Kriterien der Canadian C-Spine Rule ist aufgrund des dreistufigen Aufbaus und fehlender Dokumentation von einigen Niedrigrisikofaktoren komplizierter zu prüfen. Beschränkt man sich auf die Hochrisikokriterien, so haben 1065 Patienten schon in der ersten Stufe eine gegebene Indikation zur Bildgebung der HWS. Dies liegt vor allem an dem Risikofaktor Lebensalter. Hier weist schon ein Großteil der Patienten des untersuchten Kollektivs eine absolute Indikation zur Bildgebung der Halswirbelsäule auf.

3.2 Analytische Statistik

Die bereits oben erwähnten Hypothesen wurden mit IBM® SPSS® Statistics Version 26.0.0.0 geprüft. Es wurden Kreuztabellen erstellt und diese dann mit dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson ausgewertet. Die abgebildeten Tabellen entsprechen exakt den Tabellen, welche SPSS ausgibt.

3.2.1 Hypothese 1: Mit zunehmendem Lebensalter steigt die Wahrscheinlichkeit für eine Traumafolge im CT

Für die Überprüfung dieser Hypothese wurde das Patientenkollektiv in Altersgruppen von je 20 Jahren eingeteilt.

Gruppe 1: 0-19 Jahre

Gruppe 2: 20-39 Jahre

Gruppe 3: 40-59 Jahre

Gruppe 4: 60-79 Jahre

Gruppe 5: 80-99 Jahre

Gruppe 6: >100 Jahre

Traumafolgen/Lebensalter

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	4,603	5	0,466
Likelihood-Quotient	4,903	5	0,428
Zusammenhang linear-mit-linear	1,675	1	0,196
Anzahl der gültigen Fälle	1407		

Tabelle 12: Chi-Quadrat-Test Hypothese 1

Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen bezüglich der Häufigkeit einer Traumafolge ($p=0,466$). Aus den vorliegenden Daten lässt sich für die gebildeten Altersgruppen kein signifikanter Unterschied über alle Gruppen hinweg feststellen.

3.2.2 Hypothese 2: Patienten über 65 Jahren haben eine deutlich höhere

Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden als jüngere Patienten

Traumafolgen/Patienten über und unter 65 Jahren

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,390 ^a	1	0,532		
Kontinuitätskorrektur ^b	0,297	1	0,586		
Likelihood-Quotient	0,393	1	0,531		
Exakter Test nach Fisher				0,577	0,294
Zusammenhang linear-mit-linear	0,390	1	0,532		
Anzahl der gültigen Fälle	1407				

Tabelle 13: Chi-Quadrat-Test Hypothese 2

Die statistische Überprüfung der Hypothese zeigt für unsere Daten keinen signifikanten Unterschied eine Traumafolge zu erleiden zwischen der Altersgruppe der über 65-Jährigen und den jüngeren Patienten.

3.2.3 Hypothese 3: Die Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden, hängt vom Geschlecht ab

Traumafolgen/Geschlecht

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,298	1	0,585		
Kontinuitätskorrektur ^b	0,220	1	0,639		
Likelihood-Quotient	0,297	1	0,586		
Exakter Test nach Fisher				0,592	0,319
Zusammenhang linear-mit-linear	0,298	1	0,585		
Anzahl der gültigen Fälle	1407				

Tabelle 14: Chi-Quadrat-Test Hypothese 3

Die Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden ist nicht abhängig vom Geschlecht, da die Signifikanz nicht kleiner als 0,05 ist ($p=0,585$). Es gibt keinen eindeutigen Unterschied bezüglich der Traumafolgenwahrscheinlichkeit zwischen Frauen und Männern.

4 Diskussion

Ziel dieser Untersuchung war es, eine möglichst genaue Beschreibung des Patientengutes mit isolierter computertomografischer Untersuchung der Halswirbelsäule und des Schädels an der BG Klinik Tübingen aus den Jahren 2010, 2014 und 2018 zu erhalten. Außerdem sollten die Indikationen zur Bildgebung erfasst und der Verlauf über die untersuchten Jahre beschrieben werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse kritisch diskutiert und in den Kontext der aktuellen Literatur gesetzt.

4.1 Qualität der Daten

Aufgrund des retrospektiven Designs der Studie war die Qualität der Daten zum Teil sehr lückenhaft. Wir mussten uns bei unserer Untersuchung auf vorhandene Dokumentationen wie Arztbriefe, Ambulanzberichte, BG-Berichte und klinische Angaben in den Röntgenanforderungen stützen. So wurden einige Parameter zur Erfassung des klinischen Zustandes der Patienten fast nie dokumentiert, bzw. wurden eventuell nur dokumentiert, wenn es eine Auffälligkeit gab. Ein Beispiel ist der GCS, welcher für die Schweregradeinteilung eines Schädel-Hirn-Traumas herangezogen wird. Dieser wurde fast nie explizit als Zahlenwert dokumentiert, lediglich beschreibende Angaben zu Bewusstseinszustand fanden sich in der Dokumentation. Auch zu blutverdünnenden Medikamenten wurden oft keine schriftlichen Aussagen in den Arztbriefen angegeben. Lediglich in 16,2% der Fälle wurde in den Brief übernommen, dass keine blutverdünnende Medikation eingenommen werde, und somit ersichtlich gemacht, dass der behandelnde Arzt dies auch abgefragt und beachtet hat. In mehr als der Hälfte der Fälle (51,8%) wurde keinerlei Angabe zu blutverdünnender Medikation in der klinischen Dokumentation gefunden. Auch zur Amnesie, welche essenziell zur Beurteilung eines möglichen Schädelhirntraumas ist, wurden in 40,9% der Arztbriefe keine Aussagen getroffen. Klinische Untersuchungsbefunde, welche zum Beispiel zur Anwendung der NEXUS Kriterien herangezogen werden können, wurden oftmals nicht wie in den Kriterien gefordert dokumentiert. So mussten wir verschiedene Formulierungen in den Dokumenten in eine Variable zusammenfügen. Aus der wünschenswerten Formulierung „Druckschmerz über der Mittellinie der HWS“ (NEXUS-Kriterium) wurde „Schmerzen im Bereich der HWS und der umliegenden Muskulatur“.

Bei 22 Untersuchungen gab es gar keine Arztbriefe oder sonstigen klinischen Dokumente, sodass diese von der Studie ausgeschlossen wurden.

Worauf die schlechte Qualität der klinischen Dokumentation zurückzuführen ist, ist nicht klar ersichtlich. Sorgfalt und Ausmaß der Anamneseerhebung, der körperlichen Untersuchung und der anschließenden Dokumentation sind sowohl von der individuellen Arbeitsweise des behandelnden Arztes als auch von äußeren Umständen wie der Tageszeit und dem geistigen Zustand der Patienten abhängig.

Eine verbesserte Dokumentation kann sicherlich in Zukunft durch eine ausschließlich digitale Erfassung erreicht werden. Auch standardisierte Abfrageprotokolle bei gewissen Krankheitsbildern erleichtern eine allumfassende Dokumentation und können verhindern, dass einzelne Aspekte überhaupt nicht dokumentiert werden.

4.2 Patientenzahlen im Verlauf der Jahre

Die eingeschlossenen Patientenzahlen unterscheiden sich in den untersuchten Jahren sehr stark. So sind die Zahlen in den Jahren 2014 mit 618 und 2018 mit 598 durchgeführten Untersuchungen auf einem ähnlichen Niveau, allerdings sind 2010 sehr viel weniger gleichzeitige CT-Untersuchungen von HWS und Schädel durchgeführt worden. Im Jahr 2010 wurden lediglich 191 Patienten dieser Bildgebung unterzogen. Eine Ursache könnte sein, dass zwischen 2010 und 2014 die Befundung und Archivierung auf eine rein digitale Lösung umgestellt wurden. Obwohl für das Jahr 2010 auch sämtliche Akten in Papierform gesichtet wurden, sind es trotzdem nur ca. ein Drittel der Untersuchungszahlen der anderen beiden Jahre.

Auffallend ist, dass die Patienten im Jahr 2010 mit Abstand das jüngste Durchschnittsalter aufweisen. Das Durchschnittsalter des Patientenkollektivs beträgt im Jahr 2010 gerade einmal 54 Jahre, was sehr deutlich unter dem Durchschnitt der anderen Jahre liegt (2014: 66,1 Jahre, 2018: 73,5 Jahre). Auch die zugrundeliegenden Unfallmechanismen unterscheiden sich im Jahr 2010 von den anderen Jahren. Während zwar 2010, 2014 und 2018 die häufigste Ursache für das Trauma ein Sturz war, so ist im Jahr 2010 jedoch der Anteil an erlittenen Verkehrsunfällen deutlich größer. Ebenfalls ist der Anteil an Stürzen aus über einem Meter Höhe im Jahr 2010 größer. All diese Unterschiede weisen auf schwerere Traumata im Jahr 2010 hin. Das könnte bedeuten, dass die Hemmschwelle für die Durchführung einer Bildgebung 2010 vermutlich sehr

viel höher lag als in späteren Jahren. Eventuell wurden auch häufiger konventionelle Röntgenaufnahmen angefertigt und die Patienten nicht direkt einer CT-Diagnostik unterzogen. Gerade im Bereich der Abklärung von HWS-Verletzungen wurde früher vermehrt auf die konventionelle Röntgendiagnostik gesetzt [60-63]. Auch eine Möglichkeit ist, dass es kein Standard war, die Halswirbelsäule standardmäßig mit jedem Schädel-CT mitzuuntersuchen. Bei Hinweis auf ein Kopfanpralltrauma wurde damals eventuell nur ein Schädel-CT angefertigt, ohne die ergänzende Untersuchung der Halswirbelsäule.

Insgesamt wurde also in jüngster Zeit bei geriatrischen Patienten und vernachlässigbarem Sturzereignis viel häufiger eine CCT + HWS-Diagnostik veranlasst. Die Patienten, die im Jahr 2010 mit moderatem Sturzereignis nur eine CCT + HWS bekommen haben, erhalten jetzt eventuell bereits eine Ganzkörper-CT.

4.3 Epidemiologie des Patientenkollektivs

In allen von uns untersuchten Jahren ist die Mehrheit der Patienten weiblich. Über das gesamte Patienten kollektiv betrachtet, machen Frauen einen Anteil von 56,2% aus. Dies deckt sich in etwa mit den Ergebnissen einer retrospektiven Studie von Vahldiek et al. an der Charité Berlin über die kombinierte Bildgebung von Halswirbelsäule und Schädel. Dort liegt der Anteil weiblicher Patienten am Gesamtkollektiv bei 53,1%[64].

Vergleicht man jedoch das Geschlechterverhältnis unseres Kollektivs mit epidemiologischen Untersuchungen von Patienten mit isoliertem Schädel-Hirn-Trauma, so findet sich in der Literatur hierzu ausschließlich Mehrheitsverhältnisse zugunsten von männlichen Patienten [28]. Das Verhältnis von Männern zu Frauen hat dabei zwischen 1,2:1 – 4,6:1 eine sehr große Bandbreite [28, 43, 65, 66]. Bei Patienten mit isolierten Verletzungen der Halswirbelsäule ist ebenfalls ein Großteil männlich. Die Werte variieren je nach Untersuchung zwischen 52% - 70,9% Anteil männlicher Patienten [10, 67, 68].

Ein möglicher Erklärungsansatz für die Diskrepanz zwischen den Geschlechterverhältnissen der einzelnen Verletzungen wie sie in der Literatur angegeben sind und dem Geschlechterverhältnis unseres Patientenkollektivs ist das Alter. So waren in unserer Studie die Patienten im Mittel 67,7 Jahre alt, wobei knapp zwei Drittel Senioren waren (64,9% über 65 Jahre). Der Altersdurchschnitt der Schädel-

Hirn-Trauma Patienten ist in den meisten Studien allerdings sehr viel jünger, hier werden Mittelwerte zwischen 22 und 52,5 Jahren genannt [43, 65, 66]. Der direkte Vergleich mit diesen Zahlen ist allerdings schwierig, da in den genannten Untersuchungen SHT aller Schweregrade Beachtung finden, bzw. explizit nur moderate oder schwere Fälle eingeschlossen wurden. Demnach ist das Studiendesign auch ein anderes. Interessant ist bei der Untersuchung von Numminen et al., dass sich das Geschlechterverhältnis umkehrt bei zunehmendem Patientenalter. So sind bei den Patienten mit SHT unter 65 Jahren noch 59,3% männlich, während es bei den über 65-Jährigen nur noch 43,4% sind [66]. Diese Tatsache passt zu unseren Ergebnissen, wo schließlich fast zwei Drittel aller Patienten über 65 Jahre alt sind und auch Frauen einen Großteil des Kollektivs ausmachen. Bei den Patientenkollektiven der Studien zu HWS-Verletzungen zeigt sich ein ähnliches Bild, hier sind die Verletzten im Schnitt zwischen 29 Jahren und 47,2 Jahren [10, 69, 70]. Auch hier ist jedoch Vorsicht geboten, was die Vergleichbarkeit der Zahlen angeht. Die genannten Untersuchungen schließen zum Beispiel ebenfalls schwer verletzte Patienten mit Polytrauma ein, welche in unserer Studie ausgeschlossen wurden und haben zum Teil sehr differente Studiendesigns. In der Untersuchung von Ngo et al. zu HWS-Verletzungen bei Patienten über 80 Jahren, zeigt sich ebenfalls eine Umkehr des Geschlechterverhältnisses. Dort waren zwar in der untersuchten Gesamtpopulation ebenfalls mehr Männer betroffen, allerdings drehte sich dieses Geschlechterverhältnis bei Patienten über 80 Lebensjahren zugunsten der Frauen um [71].

Legt man nur die Literatur mit ähnlichem Studiendesign wie unsere zu Grunde, kommt zum Beispiel die Untersuchung von Vahldiek et al. zu einem fast identischen Durchschnittsalter der Studienpopulation. Dieses beträgt in der Berliner Studie ca. 65,6 Jahre und ist damit auf einem ähnlichen Level wie das unseres Kollektivs [64].

Auch in den klinischen Entscheidungshilfen für die Indikationsstellung einer Computertomografie spielt das Alter eine große Rolle. Für die Entscheidungshilfen bei Schädelhirntrauma ist in der Canadian CT Head Rule das fortgeschrittene Lebensalter ab 65 Jahren ein Hochrisikofaktor [43]. In den New Orleans Kriterien ist sogar schon ab 60 Jahren ein CCT indiziert [44]. Bei den Entscheidungshilfen zur HWS-Bildgebung spielt das Alter nur in der Canadian C-Spine Rule eine Rolle. Hier ist ebenfalls das Alter über 65 Jahren als Hochrisikofaktor beinhaltet [3].

Betrachtet man sich die Alterspyramide aller eingeschlossenen Patienten, hat es den Anschein, als gäbe es zwei Altersgipfel. Zum einen ist eine Häufung der Patientenzahlen in jungem Alter zwischen 15 und 35 Jahren zu erkennen, zum anderen ist ein zweiter, wesentlich höherer Gipfel, zwischen 75 und 95 Jahren zu sehen. Die größere Höhe des zweiten Gipfels erklärt sich in der großen Zahl älterer Patienten. Durch das hohe Durchschnittsalter ergibt sich hier eine Häufung. Vergleicht man diese Zahlen mit den Patientenkollektiven von Studien zu HWS-Verletzungen, ergibt sich hier ein ähnliches Bild. So konnten Lowery et al. zeigen, dass es für das Auftreten von HWS-Verletzungen ebenfalls ein gehäuftes Auftreten zwischen 15 - 45 Jahren und zwischen 65 - 85 Jahren gibt [67]. Bei Patienten mit Kopfverletzung gibt es eine hohe Zahl an jungen Betroffenen. Bis zu ein Drittel aller Verletzungen passieren vor dem 30. Lebensjahr [30]. Eine gewisse Übereinstimmung mit den Altersgipfeln gibt es allerdings auch beim SHT. Vor allem bei Patienten unter 25 Lebensjahren und über 75 Lebensjahren zeigt sich eine Häufung von SHT in der Metaanalyse von Peeters et al. [28].

4.4 Unfallmechanismus

74,5% der durchgeführten CT-Untersuchungen in unserer Studie resultierten aus einem Sturzereignis. Der relative Anteil dieses Unfallmechanismus nahm dabei im Verlauf der untersuchten Jahre zu. Im Jahr 2010 betrug der Anteil an Stürzen noch 58,1%, in den Jahren 2014 (72,2%) und 2018 (82,1%) war er dann wesentlich höher. Auch die Schwere der Stürze war im Jahr 2010 größer als in den beiden anderen Jahren. Mit 94,9 Prozent und 95,3 Prozent war der Anteil an Stolperstürzen 2014 und 2018 in etwa ähnlich. Ausreißer ist hier wieder das Jahr 2010 mit einem Stolpersturz-Anteil von 82,9%. Im Umkehrschluss heißt das, dass 2010 deutlich mehr Stürze aus größerer Höhe einer computertomografischen Untersuchung unterzogen wurden als in den beiden anderen Jahren. Daraus lässt sich schließen, dass die zugrundeliegenden Traumata, die zu einer CT-Diagnostik von HWS und Schädel geführt haben, im Jahr 2010 schwerer waren als in den beiden anderen Jahren. Dies könnte bedeuten, dass die Hemmschwelle ein CT anzufertigen gesunken ist. Patienten, welche im Jahr 2010 noch ein CCT und HWS-CT bekommen haben, haben eventuell in den anderen beiden Jahren eine Traumaspirale des gesamten Körpers bekommen, welche in dieser Untersuchung nicht

eingeschlossen wurden. Es wird also zunehmend häufiger und ausgedehntere Bildgebung betrieben.

Ein weiterer möglicher Grund für die große Zahl an Stolperstürzen ist das Durchschnittsalter des Patientenkollektivs. Mit steigendem Lebensalter steigt die Gefahr bereits durch vermeintlich geringe Traumata Verletzungen zu erleiden. So sind zum Beispiel 49% der Verletzungen von über 65-Jährigen auf Stürze aus stehender oder sitzender Position zurückzuführen [62]. Häufig betroffen von Traumafolgen bei älteren Patienten sind der Kopf und das Gesicht, in ca. 12-15% aller Sturzereignisse sind hier Verletzungen zu erwarten [72].

Betrachtet man die Halswirbelsäulenverletzungen, so können diese ebenfalls auf Bagatelltraumen zurückzuführen sein. Insbesondere Patienten über 65 Jahren, unabhängig vom Geschlecht, erleiden häufiger Frakturen der Halswirbelsäule aufgrund von Niedrigenergie- und Bagatell-Traumen [52, 62, 73]. In einer Untersuchung von Lomoschitz et al. waren 30% der Halswirbelsäulenverletzungen von über 65-jährigen Patienten auf Stürze aus stehender oder sitzender Position zurückzuführen [74]. Spitzenreiter der Verletzungsursachen im Bereich der HWS über alle Altersklassen betrachtet ist jedoch der Verkehrsunfall [10, 62, 69]. Dieser spielt in unserer Untersuchung ebenfalls eine große Rolle, ist er doch mit 18% der zweithäufigste Grund für eine Bildgebung. Vor allem im Jahr 2010 (31,1%) sind Verkehrsunfälle ein nicht zu unterschätzender Grund für CT-Untersuchungen.

Während man früher noch von Verkehrsunfällen als Hauptursache von Schädelhirntraumata ausging [28, 75], hat sich dies heutzutage etwas gewandelt. Im Bereich der Schädelverletzungen sind Stürze mittlerweile die häufigste Ursache. Laut Literatur werden über sämtliche Schweregrade gesehen zwischen 48,2%-52,5% der SHT von Stürzen verursacht, während lediglich 26,3% - 27,3% von Verkehrsunfällen verursacht werden [6, 23, 30]. Vor allem bei Älteren sind sie eine der Hauptursachen: In einer Studie in Boston waren 59% aller durchgeführten Schädel-CTs auf Sturzereignisse zurückzuführen [72] und in einer Studie in Edinburgh waren 67% aller Kopfverletzungen Folge eines Sturzereignisses [76]. Betrachtet man lediglich die schweren Schädel-Hirn-Traumata, so sind nach wie vor Verkehrsunfälle oder Stürze aus großer Höhe die häufigsten Ursachen [65].

Unsere Ergebnisse sind ähnlich anderen Studien zu kombinierten CT-Untersuchungen von HWS und Schädel. In der Berliner Studie von Vahldiek et al. waren 86,5% der kombinierten CT-Untersuchungen von Schädel und Halswirbelsäule auf Stürze zurückzuführen. Lediglich bei 13,5% war ein Verkehrsunfall ursächlich [64].

Allerdings muss man sagen, dass unsere Untersuchung mit Sicherheit große Einschränkungen und Ungenauigkeiten hat. So wurden zum Beispiel die Unfallmechanismen nur aus den Arzt- oder Ambulanzbriefen oder sogar nur aus den Anforderungen der Bildgebung herausgesucht und zusammengefasst. Deshalb lassen sich die Unfallmechanismen auch nur grob einem Stichwort zuordnen und die Schwere wird nur eingeschränkt bzw. gar nicht erfasst. Die Einschätzung des Schweregrades ist oft nur über die anekdotische Dokumentation der Anamnese möglich und hängt daher auch stark von der Einschätzung des behandelnden Arztes ab.

4.5 Klinische Hinweise auf ein Schädel-Hirn-Trauma

Bezüglich der Bildgebung beim Schädel-Hirn-Trauma gibt es verschiedene klinische Hinweise, welche auf die Notwendigkeit einer solchen diagnostischen Maßnahme hindeuten können. Diese sind in den verschiedensten klinischen Entscheidungshilfen und Leitlinien aufgeführt.

Intuitiv würde man bei der Einnahme von gerinnungswirksamen Substanzen ein erhöhtes Risiko für traumatische Hirnblutungen vermuten. So spricht sich die Leitlinie für die Versorgung Schädel-Hirn-Verletzter in Deutschland für eine absolute CT-Indikation aus, wenn Hinweise auf eine Gerinnungsstörung vorliegen [9]. Auch in der Studie von Grandhi et al. hatten Patienten über 65 Jahren mit Warfarin in der Vormedikation und leichtem SHT eine signifikant höhere Mortalität als Patienten ohne Warfarin [77]. Da Warfarin bei uns kaum benutzt wird und hier nur dieser eine Wirkstoff untersucht wird, kann diese Studie allerdings lediglich ein Hinweis auf eine höhere Mortalität bei antikoagulierten Patienten sein. Die größte Metastudie zu diesem Thema im Bereich der Antikoagulantien kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Patienten eine höhere Mortalität haben, wenn sie antikoaguliert sind [78]. Die Literatur ist aber bezüglich der Notwendigkeit einer kranialen Bildgebung bei Antikoagulation nicht eindeutig. Gittleman et al. haben untersucht, ob Patienten mit leichtem SHT und normalem GCS und Heparin- bzw. Warfarin-Medikation ein CCT bekommen sollten.

Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass antikoagulierte Patienten mit einem GCS von 15 und ohne fokale neurologische Defizite kein höheres Risiko für einen intrakraniellen Prozess haben als andere Notfallpatienten und somit kein CCT erhalten sollten [79]. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen bereits 1999 Garra et al. Sie belegten mit kleinen Fallzahlen, dass antikoagulierte Patienten mit leichtem SHT und ohne Bewusstseinsverlust kein erhöhtes Risiko für klinisch relevante Hirnblutungen haben [80].

In unserer Untersuchung wurden sämtliche gerinnungswirksamen Wirkstoffgruppen erfasst, also Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmer. Betrachtet man die Wirkung von Thrombozytenaggregationshemmern, die bei uns immerhin die größte Gruppe der gerinnungswirksamen Medikamente darstellen, so kommt eine Metaanalyse von Batchelor et al. zu der Auffassung, dass es zumindest keine statistisch signifikante Erhöhung der Mortalität bei Patienten mit leichtem SHT gibt [78].

Die von uns erhobenen Zahlen zu gerinnungswirksamen Medikamenten und Erkrankungen sind leider sehr unvollständig. Bei über der Hälfte der Patienten (51,8%) wurden in den klinischen Dokumenten keinerlei Angaben zur Medikation gefunden. Bei diesem nicht unwichtigen Thema für die Indikationsstellung eines CCT wurde lediglich bei 16,2% dokumentiert, dass kein Hinweis auf eine Gerinnungsstörung vorliegt. Auch eine weitere statistische Auswertung zum Risiko von traumatischen Hirnblutungen bei Medikamenteneinnahme ist leider aufgrund geringer Fallzahlen nicht möglich. Hierfür sollten weitere Untersuchungen mit expliziterer Fragestellung erfolgen.

In der deutschen Leitlinie für die Versorgung Schädel-Hirn-Verletzter Erwachsener wird die Intoxikation mit Alkohol oder Drogen als fakultative Indikation für eine kraniale CT aufgeführt [9]. Ein möglicher Grund hierfür ist ein SHT, als Folge einer durch die Intoxikation ausgelösten akut einsetzenden Bewusstlosigkeit. Neben diesem genannten Grund kann eine Intoxikation die Eigenanamnese erschweren und eventuelle Symptome eines SHT wie Kopfschmerzen imitieren. Intoxikierte Personen können ebenfalls eine GCS-Verminderung aufweisen. Diese GCS-Verminderung sollte natürlich aus differentialdiagnostischen Überlegungen heraus mit einer Schädel-Bildgebung abgeklärt werden. In der Literatur haben die Zahlen der Patienten mit positivem Blutalkoholtest nach Trauma eine sehr große Spannweite. Sie liegen

zwischen 2% und 50% [72, 76, 81, 82]. In einer Untersuchung von Easter et al. haben 9% der intoxikierten Patienten mit leichtem SHT eine intrakranielle Traumafolge [83], dies sind nicht mehr oder weniger als nicht-intoxikierte Patienten mit leichtem SHT [84]. In unserer Studie wurde bei 106 Patienten eine Intoxikation dokumentiert. Von diesen intoxikierten Patienten erlitten 15,1% eine radiologisch diagnostizierte Traumafolge. Dies entspricht in etwa dem Anteil der Patienten mit Traumafolge am Gesamtkollektiv (14,4%) und deckt sich sehr gut mit der Literatur. Bei einem Großteil (72,4%) fehlte jegliche Angabe zu einer möglichen Intoxikation in den Arztbriefen, eventuell wurde dies nur dokumentiert, falls tatsächlich eine Intoxikation ersichtlich war.

Das Vorliegen einer Amnesie ist ein Hinweis auf eine Schädigung des Nervensystems [9]. Deshalb rät die deutsche SHT-Leitlinie bei Vorliegen einer Amnesie zur unbedingten stationären Aufnahme und zur Anfertigung eines Schädel-CT nach Schädelhirntrauma [9]. Viele Patienten leiden auch längere Zeit nach einem Trauma des Schädels noch an Störungen der Hirnfunktionen. Tinnitus, Konzentrationsstörungen und Depressionen können auch nach der Akutphase einer Gehirnerschütterung noch auftreten [85, 86]. Auch für gängige klinische Entscheidungshilfen ist die Amnesie ein wichtiges Kriterium. Die Canadian CT Head Rule führt eine Amnesie über 30 Minuten als mittleren Risikofaktor für die Notwendigkeit einer neurochirurgischen Intervention auf [43]. Ebenfalls eine Rolle spielen Störungen des Kurzzeitgedächtnisses in den New Orleans Kriterien [44]. In unserem Kollektiv erlitten 15,9% der Patienten eine Amnesie, 43,3% präsentierten dieses Symptom nicht. Zu den verbliebenen 40,8% fehlte in den klinischen Angaben ein Vermerk zur Amnesie. Trotz des hohen Stellenwertes zur Beurteilung eines Schädel-Hirn-Verletzten ist dies ein ungewöhnlich hoher Wert. Eine mögliche Erklärung könnte dabei sein, dass die Eigenanamnese bei einem Patientenkollektiv mit so hohem Durchschnittsalter aufgrund von Demenz und kognitiven Einschränkungen erschwert gewesen sein könnte. Eventuell wurde die Gedächtnisfunktion auch überprüft, aber nicht in die Dokumentation übernommen.

Der Bewusstseinszustand hat bei der Beurteilung Schädel-Hirn-Verletzter eine zentrale Bedeutung. Vor allem der Glasgow Coma Scale hat sich hierbei als Standardinstrument etabliert. Dieser lässt eine Einteilung des SHT in leicht, mittel und schwer anhand motorischer Funktionen, verbaler Kommunikation und Augenöffnen zu [1, 2, 9, 29].

Allerdings sollte nicht der GCS als alleiniger neurologischer Parameter erhoben werden. Die Leitlinie zur Versorgung Schädel-Hirn-Verletzter verlangt die zusätzliche Untersuchung der Pupillen und die seitengetrennte Untersuchung der Motorik. Bei nicht bewusstlosen Patienten sollte zusätzlich noch die Orientierung, die Hirnnervenfunktion, die Koordination und die Sprachfunktion erfasst werden. Bei permanenter oder passagerer Bewusstseinstörung infolge eines SHT spricht die Leitlinie von einer absoluten Indikation zur stationären Aufnahme und zum Anfertigen eines Schädel-CT [9]. Bei bewusstlosen Patienten sollte so schnell wie möglich ein CCT angefertigt werden um die Notwendigkeit einer neurochirurgischen Intervention zu prüfen [87]. Auch ein nur kurzzeitiger Bewusstseinsverlust ist mit einer größeren Wahrscheinlichkeit für Auffälligkeiten im CCT verbunden [88].

In der Literatur herrscht Einigkeit über die Wichtigkeit des Glasgow Coma Scale für die Initial- und die Verlaufsbeurteilung der Patienten. So ist ein GCS unter 15 nach erlittenem Sturz assoziiert mit einem auffälligen CCT. In der Untersuchung von Nagurney et al. hatten 47% der Patienten mit auffälligem CCT einen GCS von unter 15, während lediglich 9% der Patienten mit GCS=15 ein auffälliges CCT aufwiesen [72]. Es gibt jedoch auch kritische Stimmen zum GCS, so konnte zum Beispiel von Balestreti et al. die Wertigkeit des GCS für die Vorhersage des Outcomes nicht bestätigt werden [89]. Außerdem wird der Glasgow Coma Scale in hektischen Notfallsituationen häufig nicht erfasst. In einer großen epidemiologischen Studie aus Deutschland zum Schädelhirntrauma wurde festgestellt, dass bei gerade einmal 56% der Patienten der Glasgow Coma Scale erhoben wurde [23]. Wir haben in unserer Untersuchung den GCS nicht standardmäßig miterfasst, da die vorhandenen Daten dies oft nicht hergegeben haben. Generell war in unserem Patientenkollektiv bei 43,3% keinerlei Aussage zum Bewusstseinsstatus dokumentiert. Dies kann daran liegen, dass die Patienten in unserer Untersuchung meist nur Bagatell-Traumen erlitten haben und der Bewusstseinsstatus deshalb von den Ärzten als unproblematisch bzw. irrelevant eingestuft wurde. Unterstreichen würde dies die Tatsache, dass kein einziger Patient bewusstlos eingeliefert wurde. Außerdem spielte sich unsere Studie im Setting der Notaufnahme ab. Eine initiale Erhebung direkt nach dem Trauma war also durch die zeitliche Verzögerung bis zum Eintreffen im Krankenhaus für das Personal nicht möglich. Ebenfalls wurden nicht alle der in die Studie eingeschlossenen Patienten nach dem

Trauma von medizinischem Fachpersonal noch am Unfallort erstuntersucht. Sehr wahrscheinlich wurde nicht immer der Rettungsdienst alarmiert, einige wurden auch privat in die Notaufnahme gebracht. Leider liegen uns hierzu keine Erkenntnisse und Zahlen vor, sodass dies nur mögliche Erklärungsansätze sein können. In Zukunft sollte bei Verletzungen des Schädels mindestens einmal der Glasgow Coma Scale erhoben und dokumentiert werden. Standardisierte Abfrageprotokolle machen dies möglich und bieten dahingehend eine Gedankenstütze für die Untersucher.

In der deutschen SHT-Leitlinie wird „mehrfaches Erbrechen, wenn ein enger zeitlicher Zusammenhang zur Gewalteinwirkung besteht“ als absolute Indikation für ein CCT aufgeführt [9]. Auch die amerikanische Leitlinie zur Gehirnerschütterung spricht von einer Assoziation zwischen dem Auftreten von intrakraniellen Prozessen im Schädel-CT und Erbrechen [90]. Ono et al. konnte in ihrer Studie in Japan eine signifikante Korrelation zwischen dem Vorhandensein von Auffälligkeiten im CCT und Erbrechen nach leichtem Schädelhirntrauma belegen. Sie kommen zu dem Schluss, dass ein CCT durchgeführt werden sollte, wenn ein Patient nach einem leichten SHT erbricht [88]. In unserer Arbeit haben wir ebenfalls erfasst, ob eine Dokumentation bezüglich des Erbrechens vorlag. Die Daten waren auch bei diesem Parameter eher lückenhaft und lagen nur bei 61% der Patienten vor. Betrachtet man alle untersuchten Jahre, so wiesen 7,5% der Patienten das Symptom Erbrechen auf. Betrachtet man allerdings die Jahre einzeln, so fällt auf, dass im Jahr 2010 13,1% der Patienten erbrochen haben, während es in den anderen Jahren 5,3% bzw. 7,9% waren. Dies könnte dafür sprechen, dass die Patienten im Jahr 2010 schwerere Traumata erlitten haben. Hierfür würde auch der oben bereits diskutierte Unterschied in den Unfallmechanismen sprechen.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die klinische Untersuchung für die Indikationsstellung des Schädel-CT eine wichtige Rolle spielt. Bei 70,3% der untersuchten Patienten wurden Hinweise auf Kopfverletzungen gefunden und dokumentiert, bei gerade einmal 14,1% wurde keine Angaben hierüber gemacht. Der Großteil der Kopfverletzungen waren reine Weichteilverletzungen wie Kopfplatzwunden oder Galeahämatome. Dies zeigt, dass zumindest bei der Mehrheit der Patienten ein relevantes Trauma gegen den Kopf stattgefunden haben muss. Lediglich 6 Patienten hatten eine Schädelfraktur und 91 Patienten gaben nur Kopfschmerzen an, ohne äußerlich erkennbare Verletzungen. Kopfverletzungen können Hinweise auf ein stattgehabtes Schädelhirntrauma sein, wenn

eine Anamnese nicht eindeutig oder nicht möglich ist. Gerade bei älteren oder dementen Patienten ist dies häufig der Fall. Die deutsche SHT-Leitlinie geht von einer absoluten CT-Indikation aus, wenn Zeichen einer Schädelfraktur vorliegen oder der Verdacht auf eine Impressionsfraktur oder penetrierende Verletzung vorliegt. Als fakultative CT-Indikation sind starke Kopfschmerzen aufgeführt [9]. Da die Stärke der Kopfschmerzen sehr subjektiv ist, hängt die Indikationsstellung hier vor allem von der Einschätzung des Arztes ab. In der Studie von Ono et al. konnte gezeigt werden, dass Kopfschmerzen nach einem leichten Schädelhirntrauma mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für Abnormalitäten im CCT assoziiert sind [88]. Insofern sollte bei vermutetem Kopfanpralltrauma und entsprechenden Kopfschmerzen in der Folge durchaus eine Bildgebung des Schädels in Erwägung gezogen werden. Auch die Canadian CT Head Rule stützt diese Einschätzung, hier werden der Verdacht auf ein offenes SHT oder eine Impressionsfraktur sowie klinische Hinweise auf eine Schädelbasisfraktur als Hochrisikofaktoren für die Notwendigkeit einer neurochirurgischen Intervention angegeben. Hier sollte unbedingt ein Schädel-CT erfolgen [43]. Die New Orleans Kriterien gehen hier sogar noch einen Schritt weiter. In dieser klinischen Entscheidungshilfe sollte bei Hinweisen auf ein Trauma oberhalb der Klavikula ein CCT erfolgen [44].

Ebenfalls ein wichtiger Faktor in der körperlichen Untersuchung der Patienten sind Begleitverletzungen. Fast ein Fünftel (19,6%) der SHT-Patienten hat eine oder mehrere Begleitverletzungen im Bereich der Extremitäten [6]. In unserer Studie hatten 48,7% des Gesamtkollektivs eine begleitende Verletzung der Extremitäten. In den Jahren 2018 (50,8%) und 2014 (50%) ist dies fast identisch, lediglich im Jahr 2010 haben auffallend wenige Patienten eine dokumentierte Begleitverletzung der Extremitäten (37,7%). Die Dokumentation dieses Parameters wurde über die untersuchten Jahre hinweg immer besser. Im Jahr 2010 haben noch 48,2% keine Angaben zu Begleitverletzungen, während im Jahr 2018 nur noch 11,4% ohne Dokumentation diesbezüglich sind.

4.6 Klinische Hinweise auf ein Trauma der Halswirbelsäule

Die beiden wichtigsten klinischen Entscheidungshilfen zur Bildgebung der HWS berücksichtigen den direkten Schmerz über der Halswirbelsäule in ihren Abfrageprotokollen. Laut den NEXUS Kriterien kann bei fehlendem Schmerz über der

Mittellinie der HWS auf eine Bildgebung verzichtet werden [56]. Die Canadian C-Spine Rule ist etwas komplexer, hier soll unter anderem bei fehlendem Druckschmerz über der Mittellinie der HWS eine Rotationsprüfung erfolgen. Bei vorhandenem Druckschmerz über der Mittellinie soll eine Bildgebung erfolgen [3]. Die deutsche Leitlinie für die Verletzung der subaxialen Halswirbelsäule schreibt unter anderem, dass bei Schmerzen im Bereich der HWS-Region eine Verletzung ebendieser nicht ausgeschlossen werden kann [8]. Und auch die Leitlinie für die oberen HWS-Verletzungen hält fest, dass eine Bildgebung indiziert ist bei HWS-Beschwerden nach gefährlichem Unfallmechanismus [52]. Schmerzen über der vermutlich verletzten Körperregion leuchten ein, um die Indikation einer Bildgebung zu stellen. Ross et al. haben in ihrer Untersuchung zeigen können, dass Nackenschmerz mit einer instabilen Verletzung der Halswirbelsäule korreliert ist [91]. In unserem Patientenkollektiv, wurde bei 21,1% der Patienten Schmerzen im Bereich der HWS dokumentiert. Trotz der Wichtigkeit dieser einfachen klinischen Untersuchung wurde bei 31,8% keine Angabe diesbezüglich gemacht. Die Untersuchung von Unfallopfern sollte unbedingt eine Überprüfung des Mittelliniendruckschmerzes beinhalten, um Zeichen knöcherner Verletzungen zu erkennen [8]. Dies wurde im Jahr 2010 offensichtlich am wenigsten durchgeführt bzw. dokumentiert, hier liegt der Anteil der Patienten ohne Angabe hierzu bei 53,9%. Allerdings wurde bei Patienten, wo eine Dokumentation vorlag, mit 31,9% überdurchschnittlich oft Schmerzen im Bereich der HWS gefunden.

Ebenso wichtig ist die Prüfung der Beweglichkeit bei HWS-Verletzungen. So wird in den Leitlinien zu Verletzungen der Halswirbelsäule jeweils unter bestimmten Bedingungen eine Rotationsprüfung empfohlen [8, 52, 92]. Wenn sich nach eingehender neurologischer Untersuchung kein Hinweis auf eine klinisch instabile HWS-Verletzung ergeben hat, soll eine aktive und passive Rotationsprüfung der Halswirbelsäule bis 45 Grad in beide Richtungen erfolgen [8]. Ebenso wird die Anwendung der Canadian C-Spine Rule empfohlen [8, 92]. Die Leitlinie zu Verletzungen der oberen HWS schreibt: Bei fehlenden Hinweisen auf gefährlichen Unfallmechanismus und bewusstseinsklarem, vollständig kooperativem und nicht intoxikiertem Patienten kann eine Rotationsprüfung der HWS erfolgen [52]. In der Canadian C-Spine Rule ist die Rotationsprüfung als letzter Schritt enthalten. Führen alle abgefragten Hoch- und Niedrigrisikofaktoren nicht zu einer Indikation für die

Bildgebung, wird überprüft, ob eine aktive Bewegung bis zu 45 Grad ausgeführt werden kann. Ist dies schmerzfrei möglich, kann auf eine Bildgebung verzichtet werden [3]. In den NEXUS Kriterien findet die Bewegungseinschränkung hingegen keine Beachtung [56].

Auch bei diesem Parameter lagen für über die Hälfte der Patienten keine Angaben vor (50,4%). Nur ein kleiner Teil (6,5%) der untersuchten Patienten wies eine dokumentierte Bewegungseinschränkung auf. Bei den nicht dokumentierten Patienten könnte eine aktive Bewegungsprüfung nicht möglich gewesen sein oder die Indikation zur Bildgebung ist schon vorher eindeutig gestellt worden. Wie in der Canadian C-Spine Rule oder den entsprechenden Leitlinien festgehalten, sollte die Rotationsprüfung lediglich der letzte Untersuchungsschritt der potenziell verletzten Halswirbelsäule sein. Von den Patienten mit auffälliger Rotationsprüfung unseres Kollektivs wiesen 6,6% eine Traumafolge der Halswirbelsäule auf. Dies sind verglichen mit den 4% des Gesamtkollektivs mehr.

Ein klarer Hinweis auf eine relevante Verletzung sind neurologische Ausfälle. Neurologische Defizite können sowohl bei Verletzungen des Gehirns als auch bei Verletzungen des Rückenmarks auftreten. 46% der Patienten mit auffälligem CCT nach Sturz haben ein fokales neurologisches Defizit. Eine Pathologie in der neurologischen Untersuchung ist assoziiert mit einem 5-fach größeren Risiko für eine abnorme Computertomografie des Schädels [72]. Insofern ist ein vorhandenes neurologisches Defizit eine klare Indikation zur Bildgebung des Schädels oder der HWS.

4.7 Traumafolgen

Ein Ziel dieser Arbeit war es, das gleichzeitige Vorliegen von Traumafolgen des Schädels und der HWS zu quantifizieren, um einen Überblick über die Sinnhaftigkeit gleichzeitiger computertomografische Untersuchungen beider Körperregionen zu bekommen.

In den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie werden für das Vorliegen gleichzeitiger Verletzungen von HWS und Schädel relativ hohe Prävalenzen angegeben. So weisen 22-24% der Patienten mit HWS-Verletzungen eine zeitgleich vorliegende Verletzung des Kopfes auf [8, 10, 52]. Zum Teil werden sogar bis zu 50% angegeben. Begründet wird dies mit der Übertragung der Energie des Traumas über den

Kopf auf die Halswirbelsäule[10, 93]. In unserer Untersuchung liegt dieser Anteil bei 16,1%, also deutlich unter den angegebenen Werten in der Literatur. 9 von 56 Patienten mit einer Verletzung der Halswirbelsäule weisen ebenfalls eine Traumafolge des Schädels auf. Nicht berücksichtigt ist hierbei jedoch die Schwere des Traumas und das Alter der Patientenkollektivs. Dies dürfte einen wesentlichen Unterschied in der Prävalenz von Traumafolgen haben.

Etwas niedriger und auch weiter gestreut sind die Daten für Patienten mit vorliegendem Schädel-Hirn-Trauma, welche eine gleichzeitige Verletzung der HWS aufweisen. Hier werden in den Leitlinien und in der Literatur Werte zwischen 6 und 15% angegeben [9, 11]. Die Ergebnisse unserer Untersuchung liegen auch hier etwas unter den Werten in der Literatur. Von den 155 Patienten mit Traumafolge im Bereich des Schädels weisen 9 ebenfalls eine Verletzung der HWS auf. Dies entspricht einem Anteil von 5,8%. Hier gilt aber zu beachten, dass die Daten, welche in der Literatur zu finden sind, stark von der Schwere des SHT abhängig sind. So finden sich bei schweren Schädel-Hirn-Traumata auch häufiger Begleitverletzungen der Halswirbelsäule [9]. Warum in unserer Studie die Zahlen geringer sind als die in der Literatur angegebenen lässt sich nur vermuten. Eventuell liegt es an der qualitativ schlechteren Vorauswahl der Patienten, welche eine Bildgebung bekommen oder aber einfach an der geringeren Intensität des Traumas.

In der Gesamtschau lässt sich sagen, dass kombinierte Verletzungen von Schädel und Halswirbelsäule in unserem Kollektiv sehr selten sind. In unserer Studie weisen gerade einmal 9 von 1407 Patienten (0,64%) eine Kombinationsverletzung auf. Dies deckt sich mit einer Untersuchung von Vahldiek et al. an der Charité Berlin, welche zu ähnlich niedrigen Zahlen kommt [64] und entspricht auch unserer klinischen Erfahrung. Andere Autoren kommen hier zu wesentlich höheren Zahlen von 4% bis 8% [50, 94].

Allerdings beziehen sich diese Zahlen auch auf mittelschwere bis schwere Traumata, was die Vergleichbarkeit deutlich einschränkt. Interessant ist, dass in allen drei Untersuchungsjahren die absolute Zahl der Patienten

mit Kombinationsverletzung gleich ist. Die relative Häufigkeit ist jedoch im Jahr 2010 aufgrund der insgesamt niedrigen Untersuchungszahlen am größten. Die könnte ein Hinweis auf eine höhere Schwere der erlittenen Traumata im Jahr 2010 sein.

Betrachtet man die HWS- und Schädel-Verletzungen als getrennte Entitäten, so ist die Summe der diagnostizierten Verletzungen höher. So wiesen in unserer Studie ca. 4% der Patienten eine Verletzung der Halswirbelsäule auf. Dies entspricht in etwa den Werten in der Literatur zur radiologischen Untersuchung von allgemeinen Traumapatienten. Hier zeigte sich in 1%-5% der untersuchten Fälle, unabhängig von der Schwere des Traumas, eine Verletzung der Halswirbelsäule [93]. Auch hier ist der Unterschied zwischen den einzelnen Jahren stark ausgeprägt. Im Jahr 2010 hatten 9,95% der Patienten eine Fraktur der Halswirbelsäule, 2014 waren es nur 3,4% und 2018 sogar nur 2,68% der Patienten mit einer Traumafolge der HWS. Auch hier sprechen die Zahlen für insgesamt schwerere Traumata im Jahr 2010, bzw. für eine bessere Vorauswahl der Patienten.

Bezogen auf die HWS-Verletzungen im Rahmen eines SHT, steigt die Wahrscheinlichkeit einer Halswirbelsäulenverletzung mit der Schwere des Schädelhirntraumas. Bei schwerem Trauma des Kopfes war in einer Studie von Blackmore et al. die Prävalenz von HWS-Verletzungen mit 7,2% deutlich höher [93]. Ebenfalls ein wesentlicher Faktor ist das Alter der Patienten. In einer multizentrischen, prospektiven Beobachtungsstudie war die Prävalenz von Verletzungen der HWS bei Patienten über 80 Jahren mit 4,67% sehr viel größer als die Prävalenz aller in die Studie eingeschlossenen Patienten (2,4%) [71]. Betrachtet man nur die Patienten mit schwerem SHT, so bestätigt sich dies. In einer Untersuchung von Bub et al. steigt die Prävalenz von HWS Verletzungen bei Patienten über 65 Jahren auf 7,9% [62]. Die Zahlen unseres Kollektivs befinden sich hier deutlich darunter, da die Schwere der erlittenen SHT auch deutlich geringer war. Dies entspricht in etwa den Ergebnissen ähnlich konzipierter Untersuchungen mit leichten Schädel-Hirn-Traumata [64].

11% der untersuchten Patienten zeigten eine Traumafolge im Bereich des Schädels, also entweder eine Fraktur, eine Hirnblutung oder die Kombination aus beidem. In einer Berliner Studie von Vahldiek et al. lag diese Rate bei 8,6% [64]. Betrachtet man insbesondere Patienten über 60 Jahren, so zeigten 16% der gestürzten Patienten eine Auffälligkeit im posttraumatisch durchgeführten CCT [72]. Bezogen auf die Untersuchungsjahre ergibt sich ein ähnliches Bild wie bereits oben. Das Jahr 2010 sticht heraus, mit 28,8% erlittener Traumafolgen des Schädels im Patientenkollektiv des Untersuchungsjahres. Ebenfalls für schwerere Traumata im Jahr 2010 spricht die hohe

Zahl an Schädelfrakturen. Diese ist mit 15,2% wesentlich höher als die der anderen beiden Untersuchungsjahren. Im Gesamtzeitraum wiesen 7,1% der Patienten eine Schädelfraktur auf, in etwa der gleichen Altersklasse wie unser Patientenkollektiv fanden Kollegen in Boston bei einer retrospektiven Studie zu CT-Untersuchungen des Schädels bei 9% eine Fraktur [72].

Bei 14 von 100 Patienten mit Fraktur des Schädels wurde ebenfalls eine Hirnblutung diagnostiziert. Bei den Patienten ohne Fraktur im Bereich des Schädels ist diese Rate mit 4,2% bedeutend geringer. Diese Beobachtung ist logisch, spricht doch eine Schädelfraktur für ein relevantes Trauma gegen den Kopf und somit auch für eine höhere Wahrscheinlichkeit einer intrakraniellen Verletzung.

Hirnblutungen traten bei 4,9% der untersuchten Patienten auf. Dies entspricht den Daten in der Literatur ziemlich genau, so fanden zum Beispiel Vahldiek et al. bei 5,2% der Patienten eine Hirnblutung [64]. Interessant ist, dass über die Hälfte aller kombinierten Hirnblutungen (insgesamt 17) im Jahr 2010 diagnostiziert wurden.

Insgesamt fand sich bei 202 Patienten eine Traumafolge in der radiologischen Schnittbildgebung nach Trauma. Dies entspricht 14,4% aller untersuchten Patienten. Dies deckt sich mit den Daten in den Daten einer amerikanischen Metaanalyse zu CT-Befunden nach Trauma. In den eingeschlossenen Studien liegt die Spannweite zwischen 4,7% und 19% [90].

Zusammenfassen lässt sich sagen, dass die untersuchten Jahre sehr stark voneinander abweichen. Viele der Ergebnisse sprechen dafür, dass im Jahr 2010 die erlittenen Traumata, welche zu einer kombinierten CT-Untersuchung von HWS und Schädel geführt haben, schwerer waren als in den anderen beiden untersuchten Jahren. Eventuell war auch die Vorauswahl der Patienten für eine computertomografische Untersuchung eine strengere. Wie viele Traumafolgen im Jahr 2010 aufgrund nicht durchgeführter CT-Bildgebung eventuell übersehen wurden, ist nicht bekannt. Sicher sagen lässt sich jedoch, dass in unserem untersuchten Patientenkollektiv aus der Notaufnahme der BG Unfallklinik in Tübingen die kombinierte Verletzung der HWS und des Schädels sehr viel seltener vorkommt als zum Teil in der Literatur. Ob eine kombinierte Untersuchung der beiden Körperregionen somit kosteneffizient und bezüglich des Outcomes relevant ist, müssen nachfolgende Studien untersuchen.

4.8 Indikationen zur Bildgebung

Die Entscheidung die Patienten einer Bildgebung zu unterziehen ist in der Praxis nicht einfach zu treffen. Mit Hilfe klinischer Entscheidungshilfen sollen unnötige Untersuchungen vermieden, und möglichst wenige Traumafolgen übersehen werden. In der Realität ist die Entscheidung für oder gegen eine diagnostische Maßnahme jedoch nicht immer einfach von dem Ergebnis einer Entscheidungshilfe abhängig. Oft spielen hier noch andere, sehr individuelle Punkte eine Rolle. Diese können Patienten bezogen sein, oder auch Arzt bezogen. Zum Beispiel ist der Altersdurchschnitt in unserem Patientenkollektiv sehr hoch, damit steigt vermutlich auch die Rate an durch Demenz oder anderen Grunderkrankungen kognitiv eingeschränkten Patienten. Eine genaue Eigenanamnese wird hierdurch deutlich erschwert. Auch kann die klinische Erfahrung des Untersuchenden in der Notaufnahme eine Rolle spielen. In unsere Untersuchung haben wir jeweils zwei klinische Entscheidungshilfen für die Bildgebung der HWS bzw. des Schädels einbezogen. Wichtig ist hierbei, dass die Entscheidungshilfen eine möglichst hohe Sensitivität haben, um ein Übersehen von Traumafolgen zu verhindern.

Im Bereich der HWS sind die etablierten Modelle die National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS) sowie die Canadian-C-Spine Rule (CCR). Die NEXUS Kriterien wurde im Jahr 2000 publiziert und weisen in der Original-Publikation eine Sensitivität von 99% auf [56]. Die Validierung dieser Daten erfolgte in einer heterogenen Gruppe von erwachsenen Patienten. Bei mehreren nachfolgenden Untersuchungen schwankte die Sensitivität der NEXUS Kriterien zwischen 83% und 100% [57, 95]. In unserer Studie haben lediglich 588 Patienten eine Indikation zur Bildgebung im Sinne der NEXUS Kriterien. Allerdings ist durch die lückenhafte Dokumentation die Abwesenheit der Risikofaktoren, wie sie eigentlich in den NEXUS-Kriterien formuliert sind, nicht immer klar dokumentiert. Die oben genannte Zahl beruht deshalb auf sehr vielen Annahmen. Ein weiterer Punkt ist die Zusammensetzung des Studienkollektivs. Das Patientengut in unserer Studie ist nicht heterogen verteilt, das Durchschnittsalter ist mit 67,7 Jahren recht hoch und 64,9% der Patienten sind 65 Jahre alt oder älter. Die Sensitivität der NEXUS Kriterien bei älteren Patienten wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Zwar ergaben die Ergebnisse von Ngo et al. ebenfalls eine Sensitivität von 100% bei Patienten über 80 Jahre [71], allerdings zeigte eine Metaanalyse von Paykin et al. sehr unterschiedliche Ergebnisse für die Sensitivität

in der Subpopulation der über 65-jährigen Patienten [96, 97]. Die Sensitivität war bei den Älteren lediglich zwischen 65,9% und 81,8% [98, 99]. Insofern stellen die NEXUS Kriterien in unserem Fall bei nahezu zwei Dritteln der Patienten eher kein adäquates Screeningtool dar.

Die andere relevante klinische Entscheidungshilfe zur Bildgebung der HWS ist die Canadian C-Spine Rule. Sie wurde kurz nach den NEXUS Kriterien veröffentlicht und beruht auf einem 3-stufigen, relativ komplexen Abfragealgorithmus. In der initialen Studie zeigte die CCR eine Sensitivität von 100% für klinisch signifikante HWS-Verletzungen [3]. In nachfolgenden prospektiven Studien konnte eine sehr hohe Sensitivität zwischen 99,4% und 100% bestätigt werden [57, 100]. Auch die Arbeitsgruppe für subaxiale HWS Verletzungen der DGOU empfiehlt in ihren Therapieempfehlungen aufgrund der hohen Sensitivität eine Anwendung der CCR [101]. Aufgrund der Komplexität der CCR war eine genaue Auswertung unseres Kollektivs hinsichtlich der Kriterien der CCR nicht möglich. Hierzu zeigte sich das retrospektive Studiendesign durch seine lückenhafte und uneinheitliche Dokumentation nicht geeignet. Prospektive Untersuchungen mit expliziter Dokumentation des Untersuchungsalgorithmus sollten zur Evaluation herangezogen werden. Bezieht man sich nur auf die Hochrisikokriterien der ersten Stufe der CCR, lassen sich jedoch durchaus Schlüsse ziehen. So haben bereits 64,9% der Patienten unserer Studie eine Indikation zur Bildgebung, allein durch den Faktor Lebensalter. Bezieht man die beiden anderen Hochrisikofaktoren „gefährlicher Unfallmechanismus“ und „Parästhesien der Extremitäten“ mit ein, so haben 75,7% der eingelieferten Verletzten eine Indikation zur computertomografischen Untersuchung der HWS.

Vergleicht man nun beide Entscheidungshilfen, so haben beide ihre Stärken und Schwächen. Die Sensitivität ist in beiden Original-Untersuchungen sehr gut (NEXUS: 99% CCR: 100%), Unterschiede gibt es in der Spezifität. Hier zeigten die NEXUS-Kriterien lediglich eine Spezifität von 12,9% und die Canadian-C-Spine Rule eine Spezifität von 42,5% [3, 56]. Die NEXUS Kriterien haben Schwächen in der Anwendung bei über 65-jährigen Patienten, die CCR sieht für diese Patientengruppe generell eine Bildgebung vor. Nicht anwendbar sind beide Tools für Kinder. Ebenfalls sehr relevant für unser Gesundheitssystem und für die Patienten ist die Reduktion der unnötigen CT-Untersuchungen. So konnten Stiell et al. zeigen, dass durch die

Implementation der CCR in den Behandlungsablauf in der Notaufnahme die Zahl der Computertomografien um 12,8% reduziert werden konnte, ohne dass eine Verletzung übersehen wurde [102]. Auf unsere Ergebnisse übertragen, lässt sich sagen, dass die Anwendung der NEXUS Kriterien aufgrund der Einschränkungen bei Älteren nicht empfehlenswert ist. Die CCR sieht bereits in der 1. Stufe eine Bildgebung für drei Viertel der eingeschlossenen Patienten vor. Ob die Anwendung einer der beiden Regeln zu einer Reduktion der Untersuchung geführt hätte, lässt sich in unserem retrospektiven Studiendesign leider nicht herausfinden.

Nicht nur für den Bereich der HWS-Verletzungen wurden klinische Entscheidungshilfen entwickelt, ebenfalls für die Evaluation der Bildgebung Schädel-Hirn-Verletzter gibt es diese. Die beiden bekanntesten sind die New Orleans Kriterien und die Canadian CT Head Rule. Wie bereits bei den Tools für die Halswirbelsäule, ist hier ebenfalls eine möglichst hohe Sensitivität wünschenswert, um ein Übersehen von Traumafolgen zu vermeiden. Die New Orleans Kriterien umfassen 7 Punkte, die eine Bildgebung des Kopfes rechtfertigen. Die Sensitivität in der Untersuchung von Haydel et al. betrug hierbei 100% [44]. Nachfolgende Untersuchungen bestätigten diese hohen Sensitivitäten [103, 104]. In unserer Arbeit haben gemäß den New Orleans Kriterien 1176 Patienten eine Indikation zur Bildgebung des Schädels, dies entspricht 83,6%. Auch in dieser klinischen Entscheidungshilfe spielt das Alter eine große Rolle. So haben allein 69,1% unserer Patienten ein Alter über 60 Jahren und damit gemäß den New Orleans Kriterien eine Indikation zur Bildgebung. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass das Lebensalter ein unabhängiger Risikofaktor für die Mortalität und das Outcome Schädel-Hirn-Verletzter ist [105, 106].

Eine andere klinische Entscheidungshilfe ist die Canadian CT Head Rule. Sie wurde 2011 von Stiell et al. publiziert und zeigte eine Sensitivität der Hochrisikofaktoren von 100% und der mittleren Risikofaktoren von 98,4% [43]. Weitere Studien bestätigten die hohe Sensitivität der Canadian CT Head Rule [103, 104]. Ebenfalls wie in den New Orleans Kriterien ist das Lebensalter ein wichtiger Bestandteil der Regel, in diesem Fall das Alter über 65 Jahren. Bei Anwendung der Canadian CT Head Rule auf unsere Studienpopulation, haben 1198 Patienten (85,2%) eine Indikation zur Bildgebung. Ein wesentlicher Faktor ist hierbei bei 64,9% der Verletzten das Lebensalter.

Die Anwendung der New Orleans Kriterien und der Canadian CT Head Rule in unserer Studienpopulation ist somit eher ungeeignet, um die Zahl der CT-Untersuchungen zu reduzieren. Einige Studien weisen darauf hin, dass neben höheren Verletzungsrisiken auch die neurologische Untersuchung in dieser Altersklasse unzuverlässig sein kann. Eine Computertomografie des Schädels bei älteren Patienten mit Kopfanpralltrauma ist somit großzügig durchzuführen [107, 108].

4.9 Diskussion der Hypothesen

Die Vermutung, mit zunehmendem Lebensalter steigt die Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge in der Computertomografie zu finden, liegt nahe. So spielt in den zuvor beleuchteten klinischen Entscheidungshilfen das Alter eine sehr große Rolle. Bei Verletzungen des Schädels ist das Alter über 65 Jahren laut „Canadian CT Head Rule“ ein Hochrisikofaktor [43]. Bei den „New Orleans Criteria“ ist bereits das Alter ab 60 Jahren ein Kriterium für eine entsprechende Bildgebung [44]. Auch bei der „Canadian C-Spine Rule“ ist das Alter über 65 ein Hochrisikofaktor [3]. In unseren Daten zeigt sich kein signifikanter Unterschied in den Altersgruppen und der Wahrscheinlichkeit einer Traumafolge. Dies widerspricht den beiden ersten aufgestellten Hypothesen und ist konträr zu den überwiegenden Ergebnissen der Literatur. Nähere Ausführungen hierzu wurden bereits in den Kapiteln 6.3 und 6.8 gemacht.

Ähnlich wie in den Hypothesen 1 und 2 verhält es sich in der dritten geprüften Hypothese. Diese besagt, eine Traumafolge zu erleiden, hängt vom Geschlecht des Patienten ab. Die Literatur legt eine höhere Wahrscheinlichkeit eine Traumafolge zu erleiden für das männliche Geschlecht nahe. Ausführliche Ausführungen hierzu sind in Kapitel 6.3 zu finden. Die Überprüfung der Hypothese mit unseren Daten zeigt jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern. Auch hier ergibt sich wieder eine Diskrepanz zwischen unseren Ergebnissen und der Literatur.

Als Ursache hierfür kann zum einen das retrospektive Studiendesign unserer Untersuchung und die damit einhergehende lückenhafte Datenqualität in Betracht gezogen werden. Zum anderen können Unterschiede in den untersuchten Patientenkollektiven eine Rolle spielen. Auch sind die Bewertungskriterien, beispielsweise die Definition von Traumafolgen, eventuell unterschiedlich und nehmen so Einfluss auf die Vergleichbarkeit der Daten. Zukünftige Studien mit prospektiven

Designs, standardisierten Kriterien und größeren Stichproben könnten dazu beitragen, diese Diskrepanz weiter zu klären.

5 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist es, eine möglichst genaue Beschreibung des Patientenkollektivs, der Traumafolgen und der Indikationsstellung zu kombinierten CT-Untersuchungen von HWS und Schädel an einem überregionalen Traumazentrum zu erhalten, um die Zahl der nicht zwingend erforderlichen Untersuchungen in Zukunft reduzieren zu können. Hierzu wurde eine retrospektive Datenauswertung zu CT-Untersuchungen von HWS und Schädel an der BG Klinik Tübingen in den Jahren 2010, 2014 und 2018 durchgeführt. Die Daten wurden aus den Arztberichten und den radiologischen Befunden nach zuvor festgelegten Kriterien durchsucht und ausgewertet.

Die Gesamtzahl der eingeschlossenen Patienten über alle drei Jahre beträgt 1407. Die Untersuchungszahlen der einzelnen Jahre unterscheiden sich hierbei recht stark (2010: 191; 2014: 618; 2018: 598). Insgesamt wurden etwas mehr Frauen als Männer untersucht (M: 43,8%; W: 56,3%). Das Durchschnittsalter beträgt 67,65 Jahre bei einer Spannweite von 7 bis 103. Im Jahr 2010 waren die Patienten im Schnitt am jüngsten. Der vorherrschende Traumamechanismus waren Sturzereignisse (74,5%), gefolgt von Verkehrsunfällen (18%). Dies hat sich im Laufe der Untersuchungsjahre zunehmend verstärkt, im Jahr 2010 waren lediglich 58,1% Sturzereignisse ursächlich für die computertomografische Untersuchung, während es im Jahr 2018 bereits 82,1% waren.

Bei 202 Untersuchungen im Studienzeitraum wurden Traumafolgen des Schädels oder der HWS detektiert (14,4%). Im Jahr 2010 war hierbei der Anteil der detektierten Traumafolgen an der Gesamtzahl der Untersuchungen am höchsten (28,8%). Circa zwei Drittel dieser Patienten mit Traumafolge (66,8%) waren zum Untersuchungszeitpunkt älter als 65 Jahre. 11% der Patienten erlitten Schädelverletzungen, 4% der Patienten erlitten HWS-Verletzungen. Bemerkenswert ist, dass lediglich 9 Patienten der insgesamt 1407 untersuchten Patienten (0,64%) eine kombinierte Verletzung der HWS und des Schädels erlitten. Von diesen 9 Patienten waren 6 Patienten über 80 Jahre alt.

Betrachtet man die klinischen Entscheidungshilfen zur Indikationsstellung, so haben ein Großteil der Patienten eine Indikation zur bildgebenden Untersuchung der jeweiligen Körperregion. Grund hierfür ist insbesondere, dass der Risikofaktor Lebensalter in all diesen Entscheidungshilfen eine große Rolle spielt (außer in den NEXUS Kriterien). Man muss allerdings beachten, dass die Entscheidungshilfen jeweils nur für eine

Körperregion gelten, also entweder für HWS- oder für Schädelverletzungen. Inwieweit kombinierte Untersuchungen gerechtfertigt sind, lässt sich hieraus nicht ableiten. Eine klinische Entscheidungshilfe, ob eine kombinierte Verletzung von HWS und Schädel vorliegt, gibt es aktuell noch nicht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Zahl detektierter Traumafolgen im Gesamtzeitraum sich sehr gut mit den Daten in vergleichbaren Untersuchungen deckt. Diskrepanzen gibt es bei der Betrachtung einzelner Risikofaktoren. Die Ursache hierfür ist jedoch, dass in den meisten Studien jeweils nur die Verletzung einer Körperregion betrachtet wird und dass die Unfallmechanismen stark variieren, bzw. eine einheitliche Bewertung dieser schwierig ist.

Große Unterschiede gibt es in den einzelnen Untersuchungsjahren. Auffallend ist hierbei das Jahr 2010. Die Daten unserer Untersuchungen legen nahe, dass die Indikationsstellung im Jahr 2010 sehr viel strenger war für eine kombinierte Untersuchung von HWS und Schädel und dass die Unfallmechanismen schwerwiegender waren. Ein weiterer Faktor könnte sein, dass in diesem Jahr die CT-Untersuchung von HWS und Schädel jeweils separat angemeldet werden musste und kein kombiniertes Untersuchungsschema vorlag.

Eine allgemeingültige Aussage, zur Reduktion von unnötigen Untersuchungen lässt sich aus der vorliegenden Untersuchung leider nicht treffen. Wir konnten jedoch zeigen, dass Verletzungen des HWS mit 4% recht selten sind und insbesondere Kombinationsverletzungen von HWS und Schädel in unserem Patientenkollektiv noch seltener vorkamen. Solange es keine Leitlinien oder klinischen Entscheidungshilfen zur Risikoeinschätzung einer kombinierten Verletzung von HWS und Schädel gibt, sollte die Indikationsstellung für die computertomografische Untersuchung der Körperregionen daher einzeln geprüft werden und nur bei begründetem Verdacht eine kombinierte Untersuchung durchgeführt werden. Insbesondere bei der HWS empfiehlt sich ein patientenindividuelles Vorgehen in Zusammenschau des Unfallmechanismus, der Anamnese und der klinischen Untersuchung. Prospektive Studien hierzu sollten folgen um eine Reduktion der nicht zwingend erforderlichen Untersuchungen zu erreichen.

6 Literaturverzeichnis

1. Teasdale, G. and B. Jennett, *Assessment and prognosis of coma after head injury*. Acta Neurochirurgica, 1976. **34**(1): p. 45-55.
2. Teasdale, G. and B. Jennett, *ASSESSMENT OF COMA AND IMPAIRED CONSCIOUSNESS: A Practical Scale*. The Lancet, 1974. **304**(7872): p. 81-84.
3. Stiell, I.G., et al., *The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients*. Jama, 2001. **286**(15): p. 1841-8.
4. Domenicucci, M., et al., *Delayed post-traumatic epidural hematoma. A review*. Neurosurgical Review, 1995. **18**(2): p. 109-122.
5. Jaeger, M. and J. Meixensberger, *Die traumatische Subarachnoidalblutung und ihre klinische Relevanz*. Intensivmedizin und Notfallmedizin, 2004. **41**(3): p. 148-152.
6. Rickels, E., K. von Wild, and P. Wenzlaff, *Versorgung Schädel-Hirn-Verletzter in Deutschland*. Der Unfallchirurg, 2011. **114**(5): p. 417-423.
7. Matschke, S., et al., *Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule*. Trauma und Berufskrankheit, 2015. **17**(2): p. 307-314.
8. Schleicher, P., P. Kobbe, and M. Blauth. *Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule*. [Leitlinie] 2017 [cited 2020 16. Juni]; Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-0321_S1_Verletzungen-der-sububaxialen-HWS_2018-01.pdf.
9. Firsching, R., et al. *Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter*. 2015 [cited 2020 16. Juni]; Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/008-0011_S2e_Schaedelhirntrauma_SHT_Erwachsene_2016-06.pdf.
10. Hasler, R.M., et al., *Epidemiology and predictors of cervical spine injury in adult major trauma patients: A multicenter cohort study*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2012. **72**(4).
11. MICHAEL, D.B., D.R. GUYOT, and W.R. DARMODY, *Coincidence of head and cervical spine injury*. Journal of neurotrauma, 1989. **6**(3): p. 177-189.
12. Manolakaki, D., et al., *Early Magnetic Resonance Imaging Is Unnecessary In Patients With Traumatic Brain Injury*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2009. **66**(4): p. 1008-1014.
13. Antevil, J.L., et al., *Spiral computed tomography for the initial evaluation of spine trauma: A new standard of care?* J Trauma, 2006. **61**(2): p. 382-7.
14. Nekolla, E.A., et al., *Häufigkeit und Dosis diagnostischer und interventioneller Röntgenanwendungen*. Der Radiologe, 2017. **57**(7): p. 555-562.
15. Jäkel, O. and C. Karger, *Strahlenerzeugung mittels Röntgenröhre*, in *Duale Reihe Radiologie*, M. Reiser, F.-P. Kuhn, and J. Debus, Editors. 2017, Georg Thieme Verlag.
16. Vogl, T.J., W. Reith, and E.J. Rummeny, *Diagnostische und interventionelle Radiologie*. Vol. 1. 2011: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
17. Hellenthal, W., *Physik für Mediziner und Biologen*. 2007.
18. Schneider, G. and W. Burkart, *Gesundheitliche Risiken ionisierender Strahlung*. Der Radiologe, 1998. **38**(9): p. 719-725.
19. Hünerbein, R., *Computertomografie (CT)*, in *Duale Reihe Radiologie*, M. Reiser, F.-P. Kuhn, and J. Debus, Editors. 2017, Georg Thieme Verlag.

20. Maas, A.I.R., et al., *Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research*. Lancet Neurol, 2017. **16**(12): p. 987-1048.
21. Maegele, M., et al., *The Incidence and Management of Moderate to Severe Head Injury*. Deutsches Arzteblatt international, 2019. **116**(10): p. 167-173.
22. Myburgh, J.A., et al., *Epidemiology and 12-Month Outcomes From Traumatic Brain Injury in Australia and New Zealand*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2008. **64**(4): p. 854-862.
23. Rickels, E., K. von Wild, and P. Wenzlaff, *Head injury in Germany: A population-based prospective study on epidemiology, causes, treatment and outcome of all degrees of head-injury severity in two distinct areas*. Brain Inj, 2010. **24**(12): p. 1491-504.
24. Firsching, M.D.R. and M.D.D. Woischneck, *Present Status of Neurosurgical Trauma in Germany*. World Journal of Surgery, 2001. **25**(9): p. 1221-1223.
25. Maegele, M., et al., *Incidence and outcome of traumatic brain injury in an urban area in Western Europe over 10 years*. Eur Surg Res, 2007. **39**(6): p. 372-9.
26. Langlois, J.A., W. Rutland-Brown, and K.E. Thomas, *Traumatic brain injury in the United States; emergency department visits, hospitalizations, and deaths*. 2006.
27. Rimel, R.W., et al., *Moderate Head Injury: Completing the Clinical Spectrum of Brain Trauma*. Neurosurgery, 1982. **11**(3): p. 344-351.
28. Peeters, W., et al., *Epidemiology of traumatic brain injury in Europe*. Acta neurochirurgica, 2015. **157**(10): p. 1683-1696.
29. Scherer, M. and A.W. Unterberg, *Schädel-Hirn-Trauma*, in *Die Intensivmedizin*, G. Marx, et al., Editors. 2015, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 1031-1043.
30. Rickels, E., *Das Schädel-Hirn-Trauma*. Intensivmedizin und Notfallmedizin, 2003. **40**(8): p. 658-671.
31. Leitgeb, J., et al., *Impact of concomitant injuries on outcomes after traumatic brain injury*. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 2013. **133**(5): p. 659-668.
32. Steinmetz, P.D.H. *Subarachnoidalblutung (SAB)*. Deutsche Gesellschaft für Neurologie [S1 Leitlinie] 2012; Available from: <https://dgn.org/leitlinien/11-26-2012-subarachnoidalblutung-sab/>.
33. Armin, S.S., A.R. Colohan, and J.H. Zhang, *Traumatic subarachnoid hemorrhage: our current understanding and its evolution over the past half century*. Neurol Res, 2006. **28**(4): p. 445-52.
34. Mattioli, C., et al., *Traumatic subarachnoid hemorrhage on the computerized tomography scan obtained at admission: a multicenter assessment of the accuracy of diagnosis and the potential impact on patient outcome*. Journal of Neurosurgery, 2003. **98**(1): p. 37-42.
35. Masuhr, K.-F., F. Masuhr, and M. Neumann, *Traumatische Subarachnoidalblutung*, in *Duale Reihe Neurologie*, K.-F. Masuhr and M. Neumann, Editors. 2013, Georg Thieme Verlag.
36. Regelsberger, J., G. Grubel, and F. Schröder, *Epiduralblutung (Epiduralhämatom)*, in *Kurzlehrbuch Chirurgie*, V. Schumpelick, N. Bleese, and P. Mommsen, Editors. 2010, Georg Thieme Verlag.

37. Irie, F., et al., *Epidemiology of Traumatic Epidural Hematoma in Young Age*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2011. **71**(4): p. 847-853.
38. Victor, M., A.H. Ropper, and R.D. Adams, *Adams and Victor's principles of neurology*. 2001.
39. Bullock, M.R., et al., *Surgical management of acute subdural hematomas*. Neurosurgery, 2006. **58**(3 Suppl): p. S16-24; discussion Si-iv.
40. Mattle, H. and U. Fischer, *Subduralhämatom*, in *Kurzlehrbuch Neurologie*, H. Mattle and U. Fischer, Editors. 2021, Georg Thieme Verlag KG.
41. Gurdjian, E.S., J.E. Webster, and H.R. Lissner, *Studies on skull fracture with particular reference to engineering factors*. Am J Surg, 1949. **78**(5): p. 736-42; Disc 749-51.
42. Bullock, M.R., et al., *Surgical management of depressed cranial fractures*. Neurosurgery, 2006. **58**(3 Suppl): p. S56-60; discussion Si-iv.
43. Stiell, I.G., et al., *The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury*. The Lancet, 2001. **357**(9266): p. 1391-1396.
44. Haydel, M.J., et al., *Indications for Computed Tomography in Patients with Minor Head Injury*. New England Journal of Medicine, 2000. **343**(2): p. 100-105.
45. Wurzinger, L.J., *Bau der Kopfgelenke*, in *Duale Reihe Anatomie*, G. Aumüller, et al., Editors. 2020, Georg Thieme Verlag.
46. Schünke, M., et al., *1 Knochen, Bänder und Gelenke*, in *Prometheus LernAtlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*, M. Schünke, et al., Editors. 2018, Georg Thieme Verlag KG.
47. Beisse, R.W., B.A. Leidel, and V. Bühren, *Wirbelsäulenverletzungen*, in *Chirurgie Basisweiterbildung: In 100 Schritten durch den Common Trunk*, K.-W. Jauch, et al., Editors. 2013, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 592-601.
48. Lenehan, B., et al., *Demographics of acute admissions to a National Spinal Injuries Unit*. European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society, 2009. **18**(7): p. 938-942.
49. Gbaanador, G.B.M., A.H. Fruin, and C. Taylon, *Role of routine emergency cervical radiography in head trauma*. The American Journal of Surgery, 1986. **152**(6): p. 643-648.
50. Mulligan, R.P., J.A. Friedman, and R.C. Mahabir, *A Nationwide Review of the Associations Among Cervical Spine Injuries, Head Injuries, and Facial Fractures*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2010. **68**(3): p. 587-592.
51. Jarvers, J.-S., et al., *Verletzungen der oberen Halswirbelsäule*. Orthopädie & Rheuma, 2014. **17**(1): p. 43-50.
52. Scholz, M. and G. Osterhoff. *Verletzungen der oberen Halswirbelsäule*. [Leitlinie] 2018 [cited 2020 07. Juni]; Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-0111_S1_Verletzungen-der-oberen-HWS_2018-09.pdf.
53. Kandziora, F., K. Schnake, and R. Hoffmann, *Verletzungen der oberen Halswirbelsäule*. Der Unfallchirurg, 2010. **113**(12): p. 1023-1041.
54. Finkenzeller, G. and S.A. Baierlein, *Wirbelsäule als Ganzes, speziell Halswirbelsäule*, in *Frakturklassifikationen*, S.A. Baierlein, Editor. 2011, Georg Thieme Verlag.

55. Milby, A.H., et al., *Prevalence of cervical spinal injury in trauma*. Neurosurgical Focus FOC, 2008. **25**(5): p. E10.
56. Hoffman, J.R., et al., *Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma*. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group. N Engl J Med, 2000. **343**(2): p. 94-9.
57. Stiell, I.G., et al., *The Canadian C-spine rule versus the NEXUS low-risk criteria in patients with trauma*. N Engl J Med, 2003. **349**(26): p. 2510-8.
58. Tegenthoff, M. *Beschleunigungstrauma der Halswirbelsäule*. [Leitlinie] 2012 [cited 2020 16. Juni]; Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/030-0951_S1_Beschleunigungstrauma_der_HWS_2012_abgelaufen.pdf.
59. Bouillon, B., et al. *Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung*. [Leitlinie] 2016 [cited 2020 16. Juni]; Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-0191_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2017-08.pdf.
60. Bailitz, J., et al., *CT Should Replace Three-View Radiographs as the Initial Screening Test in Patients at High, Moderate, and Low Risk for Blunt Cervical Spine Injury: A Prospective Comparison*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2009. **66**(6): p. 1605-1609.
61. Gale, S.C., et al., *The Inefficiency of Plain Radiography to Evaluate the Cervical Spine After Blunt Trauma*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2005. **59**(5): p. 1121-1125.
62. Bub, L.D., et al., *Cervical spine fractures in patients 65 years and older: a clinical prediction rule for blunt trauma*. Radiology, 2005. **234**(1): p. 143-9.
63. Hanson, J.A., et al., *Cervical spine injury: a clinical decision rule to identify high-risk patients for helical CT screening*. AJR Am J Roentgenol, 2000. **174**(3): p. 713-7.
64. Vahldiek, J.L., et al., *Incidence of combined cranial and cervical spine injuries in patients with blunt minor trauma: are combined CT examinations of the head and cervical spine justified?* Acta Radiologica, 2017. **58**(7): p. 856-860.
65. Mauritz, W., et al., *Epidemiology, treatment and outcome of patients after severe traumatic brain injury in European regions with different economic status**. European Journal of Public Health, 2008. **18**(6): p. 575-580.
66. Numminen, H.J., *The incidence of traumatic brain injury in an adult population – how to classify mild cases?* European Journal of Neurology, 2011. **18**(3): p. 460-464.
67. Lowery, D.W., et al., *Epidemiology of cervical spine injury victims*. Annals of Emergency Medicine, 2001. **38**(1): p. 12-16.
68. Hu, R., C.A. Mustard, and C. Burns, *Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population*. Spine, 1996. **21**(4): p. 492-499.
69. Hasler, R.M., et al., *Epidemiology and predictors of spinal injury in adult major trauma patients: European cohort study*. European Spine Journal, 2011. **20**(12): p. 2174-2180.
70. Bayless, P. and V.G. Ray, *Incidence of cervical spine injuries in association with blunt head trauma*. The American Journal of Emergency Medicine, 1989. **7**(2): p. 139-142.
71. Ngo, B., J. Hoffman, and W. Mower, *Cervical spine injury in the very elderly*. Emergency Radiology, 2000. **7**(5): p. 287-291.

72. Nagurney, J.T., P. Borczuk, and S. Thomas, *Elderly patients with closed head trauma after a fall: mechanisms and outcomes*. The Journal of emergency medicine, 1998. **16**(5): p. 709-713.
73. Mann, F., W. Kubal, and C. Blackmore, *Improving the imaging diagnosis of cervical spine injury in the very elderly: implications of the epidemiology of injury*. Emergency Radiology, 2000. **7**(1): p. 36-41.
74. Lomoschitz, F.M., et al., *Cervical spine injuries in patients 65 years old and older: epidemiologic analysis regarding the effects of age and injury mechanism on distribution, type, and stability of injuries*. AJR Am J Roentgenol, 2002. **178**(3): p. 573-7.
75. Jennett, B., *Epidemiology of head injury*. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1996. **60**(4): p. 362-9.
76. Roy, C.W., B. Pentland, and J.D. Miller, *The causes and consequences of minor head injury in the elderly*. Injury, 1986. **17**(4): p. 220-223.
77. Grandhi, R., et al., *Anticoagulation and the Elderly Head Trauma Patient*. The American Surgeon, 2008. **74**(9): p. 802-805.
78. Batchelor, J.S. and A. Grayson, *A meta-analysis to determine the effect of preinjury antiplatelet agents on mortality in patients with blunt head trauma*. British Journal of Neurosurgery, 2013. **27**(1): p. 12-18.
79. Gittleman, A.M., et al., *Indications for CT in Patients Receiving Anticoagulation after Head Trauma*. American Journal of Neuroradiology, 2005. **26**(3): p. 603-606.
80. Garra, G., A.H. Nashed, and L. Capobianco, *Minor head trauma in anticoagulated patients*. Academic Emergency Medicine, 1999. **6**(2): p. 121-124.
81. WEINDRUCH, R., E.C. HADLEY, and M. ORY, *REDUCING FRAILTY AND FAIJS IN OLDER PERSONS*. 1991.
82. KELLY, D.F., *Alcohol and head injury: an issue revisited*. Journal of neurotrauma, 1995. **12**(5): p. 883-890.
83. Easter, J.S., et al., *Traumatic Intracranial Injury in Intoxicated Patients With Minor Head Trauma*. Academic Emergency Medicine, 2013. **20**(8): p. 753-760.
84. Vos, P.E., et al., *Mild traumatic brain injury*. European Journal of Neurology, 2012. **19**(2): p. 191-198.
85. McAllister, T.W. and D. Arciniegas, *Evaluation and treatment of postconcussive symptoms*. NeuroRehabilitation, 2002. **17**: p. 265-283.
86. Yeates, K.O., *Mild traumatic brain injury and postconcussive symptoms in children and adolescents*. Journal of the International Neuropsychological Society, 2010. **16**(6): p. 953-960.
87. Firsching, R., *Coma After Acute Head Injury*. Deutsches Aerzteblatt International, 2017. **114**(18).
88. Ono, K., et al., *Indications for Computed Tomography in Patients With Mild Head Injury*. Neurologia medico-chirurgica, 2007. **47**(7): p. 291-298.
89. Balestreri, M., et al., *Predictive value of Glasgow coma scale after brain trauma: change in trend over the past ten years*. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 2004. **75**(1): p. 161.
90. Carney, N., et al., *Concussion guidelines step 1: systematic review of prevalent indicators*. Neurosurgery, 2014. **75**(suppl_1): p. S3-S15.

91. Ross, S.E., et al., *Clinical predictors of unstable cervical spinal injury in multiply injured patients*. Injury, 1992. **23**(5): p. 317-9.
92. Tegenthoff M. et al. *Beschleunigungstrauma der Halswirbelsäule, S1-Leitlinie*. [Guideline] 2020 05.10.2022]; Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie]. Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/030-0951_S1_Beschleunigungstrauma-Halswirbelsaeule_2021-04.pdf.
93. Blackmore, C.C., et al., *Cervical spine imaging in patients with trauma: determination of fracture risk to optimize use*. Radiology, 1999. **211**(3): p. 759-65.
94. Holly, L.T., et al., *Cervical spine trauma associated with moderate and severe head injury: incidence, risk factors, and injury characteristics*. Journal of Neurosurgery: Spine, 2002. **96**(3): p. 285-291.
95. Zoe, A.M., et al., *Accuracy of the Canadian C-spine rule and NEXUS to screen for clinically important cervical spine injury in patients following blunt trauma: a systematic review*. Canadian Medical Association Journal, 2012. **184**(16): p. E867.
96. Paykin, G., et al., *Review article: NEXUS criteria to rule out cervical spine injury among older patients: A systematic review*. Emergency Medicine Australasia, 2018. **30**(4): p. 450-455.
97. Paykin, G., et al., *The NEXUS criteria are insufficient to exclude cervical spine fractures in older blunt trauma patients*. Injury, 2017. **48**(5): p. 1020-1024.
98. Goode, T., et al., *Evaluation of cervical spine fracture in the elderly: can we trust our physical examination?* Am Surg, 2014. **80**(2): p. 182-4.
99. Denver, D., A. Shetty, and D. Unwin, *Falls and Implementation of NEXUS in the Elderly (The FINE Study)*. J Emerg Med, 2015. **49**(3): p. 294-300.
100. Bandiera, G., et al., *The Canadian C-spine rule performs better than unstructured physician judgment*. Ann Emerg Med, 2003. **42**(3): p. 395-402.
101. Schleicher, P., et al., *Therapieempfehlungen zur Versorgung von Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule*. Z Orthop Unfall, 2017. **155**(05): p. 556-566.
102. Stiell, I.G., et al., *Implementation of the Canadian C-Spine Rule: prospective 12 centre cluster randomised trial*. BMJ, 2009. **339**: p. b4146.
103. Smits, M., et al., *External validation of the Canadian CT Head Rule and the New Orleans Criteria for CT scanning in patients with minor head injury*. Jama, 2005. **294**(12): p. 1519-25.
104. Stiell, I.G., et al., *Comparison of the Canadian CT Head Rule and the New Orleans Criteria in patients with minor head injury*. Jama, 2005. **294**(12): p. 1511-8.
105. Dams-O'Connor, K., et al., *Health Problems Precede Traumatic Brain Injury in Older Adults*. J Am Geriatr Soc, 2016. **64**(4): p. 844-8.
106. Susman, M., et al., *Traumatic brain injury in the elderly: increased mortality and worse functional outcome at discharge despite lower injury severity*. J Trauma, 2002. **53**(2): p. 219-23; discussion 223-4.
107. Rathlev, N.K., et al., *Intracranial pathology in elders with blunt head trauma*. Acad Emerg Med, 2006. **13**(3): p. 302-7.
108. Mack, L.R., et al., *The use of head computed tomography in elderly patients sustaining minor head trauma*. The Journal of emergency medicine, 2003. **24**(2): p. 157-162.

7 Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der BG Unfallklinik Tübingen unter Betreuung von Prof. Dr. med. Fabian Springer durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Prof. Dr. med. Fabian Springer und Felix Litterst.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbstständig nach Anleitung von Prof. Dr. med. Fabian Springer verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Esslingen am Neckar, den 29.11.2024

8 Danksagung

Ich danke der Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Universitätsklinik Tübingen und der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen für die Möglichkeit der Promotion in Ihrem Institut. Vielen Dank auch an das gesamte ärztliche und nicht-ärztliche Personal der radiologischen Abteilung der BG Klinik, welches mich immer unterstützt hat.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Fabian Springer, der mir als Doktorvater und Betreuer während der Zeit der Promotion immer zur Seite stand. Ohne seine Ideen, sein ehrliches Feedback und seine fachliche Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Er hatte stets ein offenes Ohr für Fragen und war immer für mich da.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Jacoby vom Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen, der mir wertvolle Tipps und Hinweise für die statistische Auswertung gegeben hat.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Familie bedanken, die mich während der gesamten Studienzeit emotional und finanziell unterstützt haben. Ohne euch wäre das alles nicht möglich gewesen. DANKE!