

Diplomarbeit

**Das schwere Schädel-Hirn-Trauma bei Forstunfällen in
der Steiermark.**

Eine retrospektive Untersuchung.

eingereicht von

Maximilian Rößler

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Universitätsklinikum für Neurochirurgie

unter der Anleitung von

Ao. Univ.-Prof. Dr. med. Frank Unger

und

Dr. med. univ. Melanie Pichlsberger

Graz, 04.12.2025

Eidesstattliche Erklärung

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

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, am 04.12.2025

Maximilian Rößler eh.

Danksagungen

Zuallererst möchte ich mich herzlich bei meinen Betreuer*innen, Univ.-Prof. Dr. med. Frank Unger und Dr. med. univ. Melanie Pichlsberger bedanken, die mir nicht nur dieses Diplomarbeitsthema bereitgestellt haben, sondern bei Fragen meinerseits stets hilfreich zur Seite standen und wertvolle fachliche Anregungen gaben.

Mein Dank gilt außerdem meinen Ansprechpartner*innen der AUVA, Frau Ingrid Günther und Herrn Prim. Prof. Dr. Christian Kammerlander sowie des ÖKAS, Frau Susanna Mitterer. Durch die Bereitstellung ihrer jeweiligen Daten konnte ein möglichst vollständiges epidemiologisches Bild gezeichnet und die primäre Fragestellung der Arbeit zufriedenstellend beantwortet werden.

Darüber hinaus möchte ich mich bei Frau Sen. Scientist Dr. rer. nat. Gerit Wünsch und Frau Simone Findling, BSc. vom Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der MedUni Graz bedanken. Ohne ihre tatkräftige Unterstützung bei der Zusammenstellung und Analyse der klinischen Daten, wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich auf meinem Weg im Studium immer begleitet und unterstützt haben.

Zusammenfassung auf Deutsch

Hintergrund: Die Steiermark ist mit knapp einer Million Hektar Waldfläche das walddreichste Bundesland Österreichs, weshalb die Forstwirtschaft hier zu den wichtigsten Bereichen des primären Wirtschaftssektors zählt. Dabei befinden sich viele Waldflächen auf Hanglagen, was den Einsatz von Holzvollerntemaschinen erschwert und das manuelle Schlagen von Bäumen notwendig macht. Die dabei auftretenden Forstunfälle wurden bislang nicht auf epidemiologische und klinische Parameter hin untersucht. Das Ziel dieser Arbeit ist es aufzuzeigen, wie häufig sich solche Unfälle ereignen, welche demographische Gruppe davon besonders betroffen ist, welche Verletzungsmuster sich dabei ereignen und welche Folgen die Betroffenen davontragen. Dabei wird der Fokus auf Schädel-Hirn-Traumata und deren neurochirurgische Versorgung gelegt.

Methodik: Die Daten wurden von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt Österreich (AUVA), dem österreichischen Kuratorium für Alpine Sicherheit (ÖKAS) und der Steiermärkischen Krankenanstalten Gesellschaft (KAGes) zur Verfügung gestellt. Sie umfassen den Zeitraum 2008 bis 2024 und wurden auf verschiedene Parameter hin untersucht und statistisch ausgewertet. Dabei wurde ein deskriptiver Ansatz gewählt, um absolute und relative Häufigkeiten darzustellen.

Ergebnisse: Die Ergebnisse zeigen, dass sich durchschnittlich 29 Forstunfälle pro Jahr ereigneten, größtenteils Männer betroffen waren und das Durchschnittsalter 46 Jahre betrug. Etwa 17% der Betroffenen verstarben bereits am Unfallort. Bei den Patient*innen, die mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma an die Universitätsklinik Graz transportiert worden waren, konnten in 73% der Fälle Schädelfrakturen und in 84% der Fälle intrakranielle Blutungen diagnostiziert werden. Bei 82% wurde eine invasive Hirndruckmessung angelegt, bei 44% intrakranielle Hämatome entleert und bei 31% eine operative Rekonstruktion von Strukturen des Schädels vorgenommen. Die Patient*innen lagen im Durchschnitt 20 Tage auf einer Intensivstation und das mediane Outcome nach Glasgow-Outcome-Scale beträgt 4.

Schlussfolgerung: Insgesamt kann aus den Auswertungen abgeleitet werden, dass Forstunfälle zu gefährlichen Schädel-Hirn-Verletzungen führen können, die ausgedehnte Behandlungen, stationäre Aufenthalte und Langzeitfolgen nach sich ziehen. Die Fallzahlen nahmen in den letzten 15 Jahren nicht signifikant zu. Die erstmals in dieser Form erhobenen deskriptiven Statistiken bieten einen interessanten Ausgangspunkt für weiterführende Forschungsfragen.

Abstract in English

Objective: Comprising almost 10,000 square kilometres of woodland, Styria is Austria's most densely forested federal state, with forestry therefore being one of its most important branches of economy. Many forests are located in mountainous regions, making the use of timber harvesting machines difficult and requiring the manual felling of trees. The forestry accidents associated with this practice have not yet been examined regarding epidemiological and clinical parameters. The aim of this thesis is to show how frequently such accidents occur, which demographic groups are particularly affected, which injury patterns occur and what consequences the victims suffer. The focus is put on traumatic brain injuries and their neurosurgical treatment.

Methods: The data were provided by the Austrian General Accident Insurance Institution (AUVA), the Austrian Board of Trustees for Alpine Safety (ÖKAS) and the Styrian Hospital Association (KAGes), covering the period from 2008 to 2024. They were analysed and evaluated for various descriptive parameters.

Results: The results show that an average of 29 forestry accidents occur per year in Styria, most of the affected are male and the average age is 46 years. Around 17% of the victims die at the scene of the accident. Skull fractures can be diagnosed in 73% of cases and intracranial haemorrhages in 84% of patients, who are transported to Graz University Hospital with severe traumatic brain injury. The patients underwent several procedures, including invasive intracranial pressure measurement (82%), drainage of intracranial hematomas (44%), and surgical reconstruction of cranial structures (31%). The patients spend an average of 20 days in an intensive care unit and the median outcome according to the Glasgow Outcome Scale is 4.

Discussion: Based on the analyses, forestry accidents can lead to dangerous craniocerebral injuries, which in turn require extensive treatment, hospitalization, and can cause long-term consequences. The data also show no significant increase or decrease in the overall number of accidents in the past 15 years. The descriptive statistics, compiled for the first time in this form, provide an interesting starting point for further research questions.

Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen

- Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden in einem Vortrag im Rahmen der 61. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Neurochirurgie am 04.10.2025 in Wien präsentiert.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	III
Zusammenfassung auf Deutsch	IV
Abstract in Englisch	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abkürzungen und deren Erklärung.....	1
Glossar	2
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
1 Einleitung	7
1.1 Das Schädel-Hirn-Trauma.....	7
1.1.1 Einteilung des Schädel-Hirn-Traumas.....	7
1.1.2 Die Glasgow-Coma-Scale	8
1.1.3 Folgen des Schädel-Hirn-Traumas	10
1.1.4 Behandlung des Schädel-Hirn-Traumas.....	12
1.1.5 Outcome des Schädel-Hirn-Traumas.....	18
1.1.6 Epidemiologie des SHT in Österreich.....	19
1.2 Darstellung des Themas in den Medien	20
.....	20
2 Material und Methoden	21
2.1 Studiendesign	21
2.2 Verwendete Datensätze	21
2.3 Daten des Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit (ÖKAS).....	22
2.4 Daten der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA).....	23
2.5 Daten der Steiermärkischen Krankenanstaltengesellschaft (KAGes)	24
3 Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen.....	27
3.1 Epidemiologische Statistiken	27
3.1.1 Gesamtmenge an Unfällen in Österreich und betroffene Berufsgruppen....	27
3.1.2 Gesamtmenge an Unfällen in der Steiermark.....	30
3.1.3 Die häufigsten Unfallursachen	32
3.1.4 Verteilung der Verletzungsgrade.....	33
3.1.5 Transportart	34
3.1.6 Demographische Auswertung	34
3.1.7 Tragen eines Helms	35
3.1.8 Fälle mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma.....	37
3.2 Klinische Statistiken.....	39
3.2.1 Absolute Fallzahl und Vergleich mit anderen Datensätzen.....	39
3.2.2 Demographische Auswertung	41
3.2.3 Transportart	42
3.2.4 Beschriebene Verletzungsmuster	42
3.2.5 Durchgeführte Operationen	45
3.2.6 Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation.....	47
3.2.7 Outcome	47
4 Diskussion	52
Verwendete Datensätze	57
Literaturverzeichnis	58
5 Anhang	64

Abkürzungen und deren Erklärung

CPP	Cerebraler Perfusionsdruck
CT	Computertomographie
EVD	Externe Ventrikeldrainage
GCS	Glasgow Coma Scale
GOS	Glasgow Outcome Scale
ICD	International Classification of Diseases
ICP	Intrakranieller Druck
MAP	Mittlerer arterieller Druck
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule, Maßeinheit des Druckes
MRT	Magnetresonanztomographie
NOAK	Neue orale Antikoagulanzen
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
TXA	Tranexamsäure
VLC	Vulnus laceratum (Rissquetschwunde)

Glossar

Adduktion	Bewegung einer Struktur zur Körperachse hin
Analgesedierung	Gleichzeitige Schmerz- und Bewusstseinsdämpfung
Antiinflammatorisch	Entzündungshemmend wirkend
Antikonvulsiv	Krampfhemmend, zur Behandlung epileptischer Anfälle
Apoptose	Programmierter Zelltod mit geordnetem Zellabbau.
Axone	Nervenfasern zur Weiterleitung elektrischer Impulse.
Barbiturate	Sedierende Wirkstoffe
Basal	An der Hirnbasis gelegen
Burst Suppression	Vollständige Suppression der elektrischen Aktivität im EEG
Cortical Spreading Depression	Langsam fortschreitende Depolarisationswelle der Hirnrinde
Dura mater	Äußerste Hirnhaut
Duraerweiterungsplastik	Operative Vergrößerung des Duraraums
Erythropoetin	Hormon zur Stimulation der Erythrozytenbildung
Exzitatorisch	Erregend auf nachgeschaltete Nervenzellen wirkend
Femur	Oberschenkelknochen
Foramen magnum	Großes Hinterhauptsloch
Frontobasal	An der vorderen Schädelbasis gelegen
Gyri	Hirnwindungen der Großhirnrinde
Hämatom	Blutansammlung im Gewebe
Herniation	Verlagerung von Hirngewebe in ein angrenzendes Kompartiment
Heparin	Gerinnungshemmender Wirkstoff
Hirnödem	Schwellung des Gehirns durch Flüssigkeitseinlagerung
Hirnstamm	Mittelhirn, Pons und Medulla oblongata
Hyperventilation	Gesteigerte Atemfrequenz mit CO ₂ -Abfall
ICP-Sonde	Messgerät zur Überwachung des intrakraniellen Drucks

Impressionsfraktur	Eingedrückte Fraktur des Schädels
Inkontinenz	Unfähigkeit, Urin oder Stuhl willentlich zurückzuhalten
Intubation	Einführen eines Tubus in die Luftröhre zur Atemwegssicherung
Intraparenchymal	Im funktionellen Gewebe eines Organs lokalisiert
Intrazerebral	Im Hirngewebe innerhalb des Großhirns gelegen
Ischämisch	Durch Minderdurchblutung und Sauerstoffmangel bedingt
Katecholamine	Sympathomimetische Hormone/Neurotransmitter
Kontusion	Prellung durch stumpfes Trauma mit Gewebeschädigung
Kranioplastie	Operative Schädeldefektdeckung
Kraniotomie	Operative Eröffnung des Schädels
Kraniektomie	Entfernung eines Schädelknochenanteils
Letalität	Anteil der Todesfälle an einer Erkrankungsgruppe
Liquor	Gehirn-Rückenmarks-Flüssigkeit
Liquorrhoe	Austritt von Gehirn-Rückenmarks-Flüssigkeit
Medulla oblongata	Verlängertes Rückenmark, Teil des Hirnstamms
Membranlipidperoxidation	Oxidative Schädigung von Zellmembranfettstoffen
Meningitis	Entzündung der Hirn- und Rückenmarkshäute
Methylprednisolon	Synthetisches Glukokortikoid
Mikrotubuli	Zellskelettstrukturen für Transport und Stabilität
Mikrothrombosen	Blutgerinnsel in den kleinsten Gefäßen
Monoaminerg	Nervenzellen, die Monoamine als Neurotransmitter verwenden
Musculus trapezius	Großer Rückenmuskel, von Nacken bis Schultergürtel
Neurotransmitter	Chemische Botenstoffe zwischen Nervenzellen
Normothermie	Normale Körperkerntemperatur
Normotonie	Normaler arterieller Blutdruck
Normoxie	Normale Sauerstoffversorgung von Blut/Gewebe
Nucleus ruber	Mittelhirnkern für Motorik/Tonusregulation
Occulomotoriusparese	Lähmung des dritten Hirnnerven mit Augenmuskelstörungen

Ödem	Pathologische Flüssigkeitsansammlung im Zwischenzellraum
Outcome	Funktionelles Ergebnis einer Erkrankung oder Therapie
Petechien	Punktförmige Hautblutungen
Pneumocephalus	Ansammlung von Luft im Schädelinneren
Progesteron	Steroidhormon, wichtig für Zyklus und Schwangerschaft
Prophylaktisch	Vorbeugend, zur Verhinderung einer Erkrankung
Schädelkalotte	Knöchernes Dach des Schädels
Sensitivität	Fähigkeit eines Tests, Kranke korrekt zu erkennen
Subarachnoidal	Im Raum zwischen Arachnoidea und Pia mater
Supraorbitale Kerbe	Knochenkerbe am oberen Rand der Augenhöhle
Supratentoriell	Oberhalb des Kleinhirnzelteltes gelegen
Synergismus	Verstärkende Wechselwirkung zwischen Substanzen
Tachykardie	Erhöhte Herzfrequenz
Temporallappen	Seitlicher Großhirnlappen
Tentorium cerebelli	Kleinhirnzelt
Tentoriumschlitz	Öffnung für den Hirnstamm im Kleinhirnzelteltdach
Ventrikel (Gehirn)	Liquorgefüllte Hohlräume im Gehirn

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Glasgow-Coma-Scale. Übernommen aus: Mehta, Chinthapalli: Glasgow coma scale explained. BMJ 2019;365:I1296.....	9
Abbildung 2: Zugänge für invasive ICP-Messung. Übernommen aus: Lyons M, Meyer F. Cerebrospinal Fluid Physiology and the Management of Increased Intracranial Pressure .	14
Abbildung 3: Titelbild Artikel "Tödliche Forstunfälle: Steiermark als trauriger Spitzenreiter", https://www.5min.at/5202411131251/toedliche-forstunfaelle-steiermark-als-trauriger-spitzenreiter/ , abgerufen am 14.02.2025.....	20
Abbildung 4: Einschlussprozess	26
Abbildung 5: Betroffene Berufsgruppen AUVA.....	29
Abbildung 6: Betroffene Berufsgruppen SVS.....	30
Abbildung 7: Unfallzahlen pro Jahr	32
Abbildung 8: Korrelation zwischen dem Tragen eines Helms und dem Verletzungsgrad .	37
Abbildung 9: Fallzahl pro Jahr	41
Abbildung 10: Altersverteilung der Patient*innen.....	42
Abbildung 11: Venn-Diagramm der Frakturen	43
Abbildung 12: Venn-Diagramm der Blutungen	44
Abbildung 13: Häufigkeit durchgeführter Eingriffe.....	46
Abbildung 14: Häufigkeit der rekonstruktiven Interventionen	46
Abbildung 15: Liegedauer ICU in Tagen.....	47
Abbildung 16: Outcome nach GOS.....	49
Abbildung 18: Boxplots Alter/GOS	50
Abbildung 19: Boxplots Alter/GOS gruppiert	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fallzahlen pro Jahr AUVA.....	28
Tabelle 2: Fallzahl pro Jahr ÖKAS	31
Tabelle 3: Unfallursachen.....	33
Tabelle 4: Verletzungsgrade.....	33
Tabelle 5: Transportarten.....	34
Tabelle 6: Nationalitäten	35
Tabelle 7: Vergleich Verletzungsgrade und Tragen eines Helms	36
Tabelle 8: Fallzahlen pro Jahr KAGes	40
Tabelle 9: Outcome nach Glasgow Outcome Scale	48
Tabelle 10: Outcome nach GOS gruppiert	49

1 Einleitung

Diese Arbeit analysiert die Inzidenz forstwirtschaftlicher Arbeitsunfälle in der Steiermark, die damit verbundenen schweren Schädel-Hirn-Traumata und den posttraumatischen klinischen Verlauf der Betroffenen. Einleitend wird dafür das Schädel-Hirn-Trauma als Krankheitsbild vorgestellt, wobei auf mehrere systematische Inhaltspunkte eingegangen wird. Der Fokus liegt auf der Therapie, den Folgen und dem Outcome dieser Verletzung. Weiters wird die journalistische Darstellung des Themas Forstunfall durch österreichische Medien in den letzten Jahren beschrieben und durch mehrere Beispiele gezeigt.

Im zweiten Teil der Arbeit werden die verwendeten Datensätze vorgestellt und die Methoden zur Akquirierung und Auswertung der eingeschlossenen Fälle dargelegt. Nachfolgend werden im Ergebnisteil die Resultate der statistischen Auswertungen präsentiert und graphisch dargestellt. Abschließend werden die gewonnenen Auswertungen diskutiert, mit den Ergebnissen anderer Studien verglichen, Limitationen der Arbeit besprochen und ein Ausblick auf zukünftige Forschung zu diesem Thema gegeben.

1.1 Das Schädel-Hirn-Trauma

Unter Schädel-Hirn-Trauma (SHT) versteht man die Verletzung und damit einhergehende Funktionsstörung des Gehirns in Folge einer Gewalteinwirkung. Dabei können zusätzlich Verletzungen des knöchernen Schädels, der Kopfschwarte, der Blutgefäße und der Dura Mater auftreten. Verletzungen des Kopfes, bei denen es zu keinen Verletzungen oder Funktionsstörungen des Gehirns kommt, werden als Schädelprellung bezeichnet (1).

1.1.1 Einteilung des Schädel-Hirn-Traumas

Das Schädel-Hirn-Trauma lässt sich anhand mehrerer Parameter einteilen. Zunächst kann die Unterscheidung zwischen offenem und geschlossenem SHT getroffen werden, wobei unter ersterem ein Aufreißen der Dura Mater in Verbindung mit einer Verletzung der Kopfschichten und des Schädelknochens verstanden wird. Da dadurch eine direkte Verbindung des Schädelinneren mit der Außenwelt besteht, ist es mit einer erhöhten Infektionsgefahr vergesellschaftet. Beim geschlossenen SHT kommt es nicht zur Zerreißung der Dura Mater, wobei der knöcherne Schädel dennoch eröffnet sein kann (2).

Eine Einteilung nach Schweregrad erscheint als die wichtigste, um schnell notwendige klinische Entscheidungen treffen zu können. Eine Klassifikation, die dabei allen Anforderungen gerecht wird und die tatsächlichen therapeutischen Konsequenzen perfekt

bestimmt, gibt es nicht. Die breiteste Zustimmung und größte Akzeptanz hat die Einteilung nach der Glasgow Coma Scale erreicht. Demnach werden Patient*innen, die initial einen Wert von 15-13 Punkten erreichen einem leichten, bei 9-12 einem mittelschweren und von 8-3 einem schweren SHT zugeordnet. Die Möglichkeit der wiederholten und einfachen Durchführung, insbesondere ohne benötigte Hilfsmittel oder Geräte und auch unter erschwerten Bedingungen, wie in einer präklinischen Situation, macht die GCS zu einer zuverlässigen Methode, um den aktuellen Zustand und den etwaigen Verlauf einer betroffenen Person einzuschätzen (3).

1.1.2 Die Glasgow-Coma-Scale

Die Glasgow Coma Scale (GCS) wurde 1974 von den Neurochirurgen Graham Teasdale und Bryan Jennett an der University of Glasgow entwickelt. Sie bietet eine objektive Methode, um das Ausmaß von Bewusstseinsstörungen bei Patient*innen mit akuten internistischen, neurologischen oder traumatischen Notfällen zu bewerten. Dabei werden drei Reaktionsbereiche untersucht: das Öffnen der Augen, die motorischen Fähigkeiten und die verbale Kommunikation. Die getrennte Darstellung dieser Parameter ermöglicht eine präzise und verständliche Beschreibung des Bewusstseinsstatus der Patient*innen (4).

Die beste Augenreaktion, für die die höchste Punktzahl (4 Punkte) vergeben wird, ist das spontane Öffnen der Augen ohne Aufforderung. Die nächstniedrigere Stufe ist das Öffnen der Augen als Reaktion auf Sprache (3 Punkte), beispielsweise wenn die Patient*innen beim Namen gerufen oder aufgefordert werden, die Augen zu öffnen. Für das Öffnen der Augen als Reaktion auf einen schmerzhaften Reiz, wie Druck auf die supraorbitale Kerbe oder Kneifen des Musculus Trapezius, werden 2 Punkte vergeben. Die Mindestpunktzahl von 1 bedeutet, dass sich die Augen als Reaktion auf den Schmerz nicht öffnen. Erfolgt jedoch keine Reaktion aufgrund einer primären okulären Ursache, wie beispielsweise einer Schwellung, sollte der Wert mit „c“ für „closed“ angegeben werden (5).

Die motorische Reaktionsfähigkeit wird zunächst mit einer klaren Bewegungsanweisung wie „machen Sie eine Faust“ überprüft. Sind die Patient*innen dazu fähig, erhalten sie die maximale Punktzahl (6 Punkte). Sind sie dazu nicht in der Lage, ist der nächste Schritt die Bewertung der Reaktion auf Schmerz. Wie beim Öffnen der Augen ist auch für diese Bewertung das Setzen eines Schmerzreizes erforderlich. Die gezielte Abwehrbewegung (5 Punkte) bezieht sich auf die Fähigkeit der Patienten, ihre Hand in die Richtung zu bewegen, in der der Schmerz auftritt. Die ungezielte Abwehrbewegung (4 Punkte) ist eine Reaktion, die das Wegziehen einer Gliedmaße von einem peripheren Schmerzreiz beinhaltet.

Beugesynergismen auf Schmerzreiz (3 Punkte) umfassen die Adduktion und Innenrotation der Arme sowie die Streckung der Beine. Sie deuten auf eine Schädigung oberhalb des Nucleus ruber im Mittelhirn hin, beispielsweise durch eine kortikale oder thalamische Verletzung. Streckesynergismen auf Schmerzreiz (2 Punkte) sind abnorme Reaktionen, die aus der Streckung von Ellbogen und Handgelenk bestehen und in der Regel eine Streckung der Beine beinhalten. Sie treten bei Schädigungen auf oder unterhalb des Nucleus ruber auf, wie bei einer Hirnstammverletzung, und sind Hinweis auf eine schwere Hirnschädigung. Die Mindestpunktzahl ist gegeben, wenn keine Reaktion auf Schmerz vorliegt (1 Punkt) (5).

Die verbale Reaktion wird beurteilt, indem die zeitliche, örtliche und persönliche Orientierung der Patient*innen abgefragt werden. Wenn sie alle Komponenten beantworten können, wird die maximale Punktzahl (5 Punkte) vergeben. Wenn sie desorientiert sind, ist das Ausmaß ihrer verbalen Kommunikation zu bewerten. Können die Patient*innen Sätze verwenden, die eine logische Kombination von Wörtern und Phrasen darstellen, auch wenn sie Zeit, Ort oder Person verwechseln, werden 4 Punkte gezählt. Die Verwendung unangemessener oder ungeordneter Wörter (3 Punkte) bezieht sich auf zufällige, hörbare Wörter, die im Kontext nicht relevant sind. Geben die Patient*innen nur sinnlose Laute, wie Stöhn- oder Grunzgeräusche von sich, werden 2 Punkte vergeben. Keine hörbare Reaktion (1 Punkt) ist die Mindestpunktzahl. Wenn der Patient aufgrund einer Intubation nicht in der Lage ist zu kommunizieren, sollte dies mit „T“ vermerkt werden (5).

Somit ergibt sich ein Maximalwert von 15 und ein Minimalwert von 3, nach dem (wie in Punkt 1.1.1. beschrieben) der Schweregrad eines Schädel-Hirn-Traumas eingestuft werden kann.

Eye opening	Verbal response	Motor response
4. Spontaneous	5. Oriented	6. Obeys commands
3. To speech	4. Sentences	5. Localises pain
2. To pain	3. Words	4. Flexion/withdrawal to pain
1. No response	2. Sounds	3. Abnormal flexion to pain
	1. No response	2. Extension to pain
		1. No response

Abbildung 1: Glasgow-Coma-Scale. Übernommen aus: Mehta, Chinthapalli: Glasgow coma scale explained. BMJ 2019;365:11296.

1.1.3 Folgen des Schädel-Hirn-Traumas

Die möglichen Folgen eines Schädel-Hirn-Traumas sind vielfältig und häufig initial schwer einzuschätzen. Insbesondere schwere SHTs können mit dramatischen Folgen bis hin zum Tod einhergehen. Ein umfassendes Monitoring und laufende Reevaluation der Patient*innen sind unerlässlich, da der Zustand nach SHT kein statisches Krankheitsbild, sondern ein dynamischer Verlauf ist. Mögliche Verletzungsfolgen am Gehirn beinhalten Gehirnerschütterungen, zerebrale Kontusionen, Hirngefäßverletzungen, Hirnnervenverletzungen und eine Kompression des Gehirns durch Blutungen. Diese können in epidurale, subdurale und intrazerebrale Hämatome eingeteilt werden. Wenn solche Verletzungen den Hirnstamm, insbesondere der Pons oder die Medulla oblongata betreffen, können sie zentrale Atemfunktionsstörungen hervorrufen, die unbehandelt schnell zum Tod führen können. Zusätzlich können periphere Atemfunktionsstörungen durch Schädigung der Nervenwurzeln C3 und C4 sowie des Nervus phrenicus, oder durch ein begleitendes Thoraxtrauma entstehen (6).

Ein Schädel-Hirn-Trauma kann auch zu Bewusstseinsstörungen führen, die in vier Stufen unterteilt werden. Das Durchgangssyndrom bezeichnet eine unspezifische, voll reversible Psychose bei voll erhaltenem Bewusstsein. Die Bewusstseinsstrübung beschreibt einen Zustand herabgesetzter Wahrnehmung der eigenen Person und der Umgebung, wobei eine Reaktion auf äußere Reize und das Befolgen einfacher Anweisungen noch möglich sind. Zusätzlich können in diesem Stadium vegetative Symptome wie Schweißausbrüche, Inkontinenz oder Tachykardie beobachtet werden. Als Bewusstlosigkeit ist der Zustand der Unerweckbarkeit definiert, bei dem ein Öffnen der Augen oder eine verbale Reaktion auf äußere Reize gänzlich fehlen. Auch willkürliche motorische Reaktionen sind nicht mehr durchführbar, einzig gezielte oder ungezielte reflektorische Abwehrbewegungen auf Schmerzreize können erhalten sein. Als Maximalausprägung der Bewusstseinsstörung wird das Koma verstanden, wobei es auf Schmerzreiz nur noch zu ungezielten Streck- oder Beugesynergismen kommt (7).

Darüber hinaus kann es im Rahmen der mit einem Schädel-Hirn-Trauma einhergehenden Drucksteigerung zu spezifischen Ausfallserscheinungen des Hirnstammes kommen, die von der Lokalisation und Schwere der Verletzung abhängen. Diese neurologischen Symptome werden in zwei Kategorien eingeteilt. Kommt es zu einem Hirndruckanstieg im supratentoriellen Bereich, werden ipsilaterale mediale Temporallappenanteile im Tentoriumschlitz eingeklemmt und komprimieren so den Nervus oculomotorius, was zu

einer Occulomotoriusparese führt. Bei einem Hirndruckanstieg in der hinteren Schädelgrube kann es zu einer Einklemmung des Kleinhirns kommen. Dabei wird zwischen einer oberen, die mit der gleichen Symptomatik wie die supratentorielle Drucksteigerung einhergeht, und einer unteren Einklemmung unterschieden. Diese beschreibt die Herniation von Kleinhirnanteilen in das Foramen magnum, wodurch Druck auf den Hirnstamm ausgeübt wird, was zu Atem- und Bewusstseinsstörungen führen kann (6).

Ein zerebrales Ödem und ein damit einhergehender Hirndruckanstieg können im Rahmen eines SHT durch verschiedene Prozesse entstehen. Durch den primären mechanischen Schaden kann es zu diffuser axonaler Schädigung kommen. Dabei entstehen Brüche und Aufquellungen von Mikrotubuli, die charakteristischerweise am Übergang zwischen grauer und weißer Substanz in den tiefen Gyri liegen. Durch das Wegfallen der tubulären Stützfunktion kommt es zu strukturellen Beeinträchtigungen der Axone, was zu herabgesetztem axonalem Transport und Axonschwellung sowie -degeneration führt (8). Allerdings spielen sekundäre Hirnschädigungen, die im Verlauf auftreten, wahrscheinlich eine noch größere Rolle in der Entstehung zerebraler Ödeme. Dazu zählen neurovaskuläre Effekte, Mikrothrombosen, eine erhöhte Freisetzung exzitatorischer monoaminerger Neurotransmitter, sowie die Cortical Spreading Depression (9). Auf diese sekundären Schäden sind ein Großteil der bleibenden Folgen nach einem SHT, sowie dessen hohe Letalität in einem relevanten Maße zurückzuführen (10).

Da Schädel-Hirn-Traumata bei verschiedenen Unfallmechanismen auftreten, sind sie häufig mit Begleitverletzungen assoziiert. So kann bei 50-60% der Betroffenen mit einem GCS von 8 oder weniger eine Schädigung in mindestens einem weiteren Organsystem beobachtet werden. Aufgrund der anatomischen Nahebeziehungen kommt es bei 4-5% der signifikanten Schädel-Hirn-Traumata zu Wirbelkörperfrakturen, wobei insbesondere C1 bis C3 häufig betroffen sind. Eine seltene, aber unter Umständen schwerwiegende Folge des Schädel-Hirn-Traumas oder seiner Begleitverletzungen ist das Fettembolie-Syndrom. Üblicherweise entsteht es durch die Fraktur eines großen Röhrenknochens, am häufigsten ist hierbei das Femur zu nennen. Allerdings kann es auch durch isolierte Schädelfrakturen auftreten. Obwohl bei Obduktionen häufig Fettembolien in den Lungenarterien gefunden werden können, präsentieren sich nur 10-20% der Patient*innen mit einer schweren klinischen Symptomatik. Diese umfasst akute respiratorische Insuffizienz, globale neurologische Funktionsstörungen wie Krampfanfälle oder Bewusstseinseintrübung und petechiale Hautblutungen am Thorax 24-72 Stunden nach dem initialen Trauma (11).

1.1.4 Behandlung des Schädel-Hirn-Traumas

Die Behandlung des Schädel-Hirn-Traumas ist in Österreich durch die Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie aus 2015 geregelt. Sie setzt sich aus präklinischen Maßnahmen, innerklinischer Therapie und Nachbehandlung zusammen. Da sich diese Studie auf innerklinische Interventionen und stationäre Behandlungsdauer fokussiert, wird darauf besonderes Augenmerk gelegt. Bei Eintreffen von Patient*innen mit Schädel-Hirn-Trauma im Krankenhaus ist, wenn möglich, immer eine interdisziplinäre Versorgung empfohlen, da mögliche zusätzliche Verletzungen präklinisch eventuell nicht erkannt wurden (2). In Graz wird der chirurgische Schockraum grundsätzlich multidisziplinär betrieben.

Nach Erstuntersuchung und Sicherstellen der Vitalfunktionen im Schockraum ist eine bildgebende Diagnostik indiziert. Dabei gilt die Computertomographie als Goldstandard (2). Bei neurologischer Verschlechterung ist eine erneute Bildgebung zur Kontrolle dringend angeraten und auch bei ausbleibender Erholung oder bewusstlosen Patient*innen im Verlauf sinnvoll (12). Da die Magnetresonanztomographie eine höhere Sensitivität für umschriebene Gewebläsionen aufweist, kann sie nach der akuten Versorgung bei unauffälligem CT zur differenzierteren Abklärung von Patient*innen mit neurologischen Ausfällen eingesetzt werden (13).

Die anschließend eventuell notwendigen chirurgischen Therapiemöglichkeiten lassen sich in notfallmäßige operative Versorgung, Operationen mit aufgeschobener Dringlichkeit und operative Messung oder Entlastung des intrakraniellen Drucks einteilen. Notfalloperationen sind bei raumfordernden intrakraniellen Verletzungen indiziert. Diese umfassen raumfordernde Impressionsfrakturen, sowie intrakranielle Blutungen, wie Epi- und Subduralhämatom oder intrazerebrale Hämatome. Der Grad der Raumforderung kann radiologisch aus der Verlagerung der Mittellinienstrukturen, wie des dritten Ventrikels, beurteilt werden (14).

Aufschiebbare Operationen umfassen das Behandeln nichtunmittelbar lebensbedrohlicher Verletzungen. Diese umfassen beispielsweise Impressionsfrakturen ohne Raumforderung, penetrierende Verletzungen oder Frakturen im Bereich der Schädelbasis, die mit Liquorrhoe einhergehen. Darüber hinaus werden auch die Behandlungen eventuell bestehender Begleitverletzungen durch andere chirurgische Fachbereiche zu dieser Kategorie gezählt. Diese Operationen sollen im Rahmen der Primärversorgung nur vorgenommen werden, wenn sie für die Durchführung einer adäquaten intensivmedizinischen Therapie notwendig

sind. Ansonsten können sie hintangestellt werden, bis sich der Zustand der Patient*innen stabilisiert hat, wobei vor allem Faktoren wie Gerinnungs- oder Volumenstatus essentiell sind (2, 3, 15).

Entlastungskraniektomien können im Verlauf notwendig werden, da es häufig in den ersten Tagen nach dem Unfall zu einem sekundären Hirnödem kommt (16). Dabei wird durch eine Kraniektomie mit Duraerweiterungsplastik der Hirndruck mechanisch gesenkt. Zusätzlich sollte bei einem schweren Schädel-Hirn-Trauma eine intrakranielle Druckmessung mittels ICP-Sonde erfolgen. Diese erlaubt sensiblere intensivmedizinische Überwachung und ist insbesondere durch die infolge des eingeschränkten Bewusstseins häufig fehlende Möglichkeit der klinischen zerebralen Funktionsprüfung bei SHT-Patient*innen sinnvoll. Dabei gibt es mehrere Methoden, die in Frage kommen. Systeme mit externen Ventrikeldrainagen (EVD) zählen zu den am häufigsten eingesetzten, da sie akkurate Messungen und zusätzlich eine therapeutische Verwendung zur Drainage von Liquor bieten. Sie arbeiten mit einem flüssigkeitsbasierten Monitoringsystem, indem sich der Druck im Katheter mit dem intraventrikulären Druck ausgleicht. Dieser Druck wird in einen externen, mit Kochsalzlösung gefüllten Schlauch durch einen Dehnungsmessstreifen übertragen, von dem aus die Druckmessung vorgenommen wird (17). Mögliche Limitationen für den Einsatz von EVDs stellen besonders kleine Ventrikel dar, welche von Geburt an vorliegen oder durch Ventrikelkompression im Rahmen einer Hirnschwellung entstehen können. Darüber hinaus sollten das Blutungsrisiko von 5-7% bei Implantation (18), sowie das Gesamtrisiko einer intrakraniellen Infektion von 5% nach fünf postoperativen Tagen in der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden (19). Systeme mit anderen Lokalisationen des Messpunktes umfassen intraparenchymale, subarachnoidale, subdurale und epidurale Sonden. Diese stehen ebenso flüssigkeitsbasiert, aber auch pneumatisch, in Verbindung mit luftgefüllten Kathetern, zur Verfügung (20).

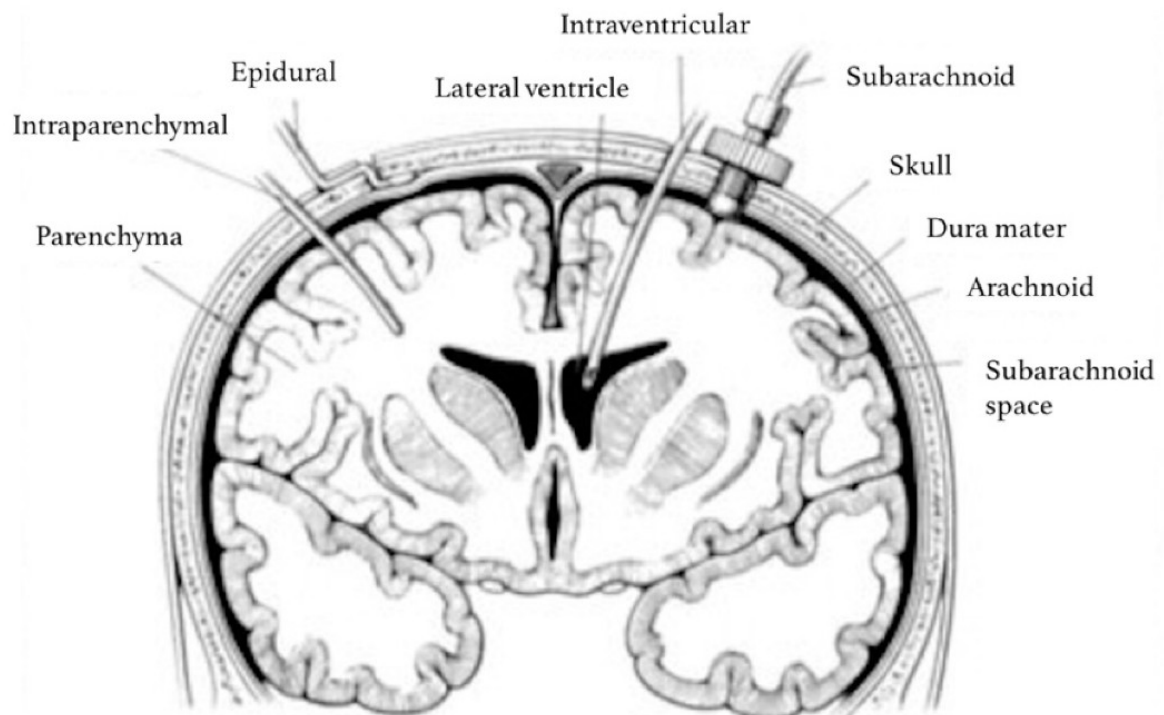


Abbildung 2: Zugänge für invasive ICP-Messung. Übernommen aus: Lyons M, Meyer F. *Cerebrospinal Fluid Physiology and the Management of Increased Intracranial Pressure*.

Zur nicht-operativen Therapie zählen verschiedene Maßnahmen der Intensivmedizin, die primär auf die Aufrechterhaltung eines intrakraniellen Drucks im Normalbereich, eine gesamtsystemische Stabilisierung und die Vermeidung von Komplikationen abzielen. Allgemeine Maßnahmen umfassen eine balancierte Analgosedierung, um Exzitationszustände zu vermeiden und eine effektive Beatmung zu ermöglichen, die Substitution ausgefallener Funktionen wie der Nahrungsaufnahme und die Aufrechterhaltung von Normoxie, Normotonie und Normothermie (2). Eine wichtige pathophysiologische Überlegung ist die Aufrechterhaltung eines normalen cranialen Perfusionsdrucks (CPP). Dieser ergibt sich aus der Differenz des mittleren arteriellen Drucks (MAP) und des intrakraniellen Drucks und lässt Rückschlüsse auf die Gehirndurchblutung zu. Bei normalem MAP (zwischen 50 und 150 mmHg) wird das Hirn durch die Autoregulationsmechanismen der zerebralen Blutgefäße ausreichend versorgt, während es durch eine Erhöhung des ICP zur Kompression dieser Blutgefäße und einer entsprechenden Minderdurchblutung kommt. Der Normwert des CPP für Erwachsene liegt bei 70-100 mmHg (21). Die Frage, ob bei erhöhten Hirndruckwerten die Senkung des ICP oder die Aufrechterhaltung des CCP im Vordergrund stehen, beziehungsweise welcher der beiden Werte als primärer Monitoringparameter herangezogen werden sollte, ist aktuell Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Derzeit gibt es nur Evidenz für die

Aufrechterhaltung eines CCP über 50 mmHg und gegen eine zwanghafte Anhebung über 70 mmHg durch aggravierte Therapie (22, 23). Zusätzlich muss die vorhandene Funktionalität der Autoregulationsmechanismen bedacht werden. Dafür kann der pressure reactivity index, der Quotient aus der Änderung des ICP zum systemischen Blutdruck über die Zeit, berechnet werden. Hohe Werte deuten dabei auf einen Wegfall der Autoregulation hin, was eine besonders enge Einstellung des CCP und ein dementsprechend sensibles Monitoring erfordert (24). Darüber hinaus ist ein pressure reactivity index von $\leq 30\%$ mit einer reduzierten Mortalität vergesellschaftet (25).

Zur kontinuierlichen Messung des ICP und folglich des CCP ist eine invasives Hirndruckmonitoring erforderlich. Dieses wird, wie vorangegangen erwähnt, durch die operative Anlage einer intrakraniellen Drucksonde, mit oder ohne gleichzeitiger Möglichkeit zur externen Ventrikeldrainage, ermöglicht. Die nicht operative Senkung des ICP ist durch mehrere Maßnahmen möglich. Kurzzeitig wirksame Therapieoptionen zur raschen Hirndrucksenkung umfassen Osmodiuretika wie Mannitol oder hypertone Kochsalzlösung, Hyperventilation, Oberkörperhochlagerung auf 30° sowie die Gabe von Barbituraten. Osmodiuretika senken zwar nachweislich den Hirndruck, allerdings wird in den Leitlinien keine direkte Empfehlung für einen Wirkstoff ausgesprochen, da es wenig Evidenz für ein verbessertes klinisches Behandlungsergebnis einer bestimmten Substanz gegenüber anderen gibt (2, 26, 27).

Die Indikation für den Einsatz von Barbituraten muss aufgrund des Nebenwirkungsprofils sorgfältig geprüft werden. Bei nicht anderweitig beherrschbaren Hirndruckkrisen können sie zur kurzfristigen Kontrolle eingesetzt werden, wobei hämodynamische Stabilität sichergestellt werden muss. Eine prophylaktische Gabe zur Induktion von burst-suppression um die Entstehung einer intrakraniellen Hypertension vorzubeugen ist nicht empfohlen (26). Ähnlich wie bei den Osmodiuretika ist die Studienlage nicht eindeutig bezüglich des verbesserten klinischen Outcomes bei der Anwendung von verschiedenen Wirkstoffen (28). Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer gezielten Hypothermie. Deren hirndrucksenkende Wirkung wurde zwar in Studien sowie in der klinischen Praxis aufgezeigt, eine Verbesserung des Outcomes durch Hypothermie ist allerdings umstritten und die Studienlage dazu unklar (29–31). Daher finden sich sowohl in der deutschen Leitlinie als auch in den Guidelines der Brain Trauma Foundation keine klaren Empfehlungen für ihren Einsatz (2, 26). Zur Aufrechterhaltung eines stabilen CCP ist auch die Vermeidung von systemischen Blutdruckabfällen indiziert, was gegebenenfalls durch den Einsatz von Katecholaminen erreicht werden kann (2).

Neben der Stabilisierung der intrakraniellen Druckverhältnisse und der zerebralen Durchblutung sind auch Maßnahmen zur Vermeidung von Komplikationen für das intensivmedizinische Management von SHT-Patient*innen notwendig. Dazu zählen die antibiotische Absicherung bei frontobasalen Frakturen mit Liquorrhoe, die antikonvulsive Therapie innerhalb der ersten Behandlungswoche und die Gerinnungskontrolle. Die prophylaktische Antibiotikagabe erreicht laut der vorhandenen Literatur keine signifikante Reduktion der Meningitisrate bei basalen oder frontobasalen Schädelfrakturen mit oder ohne Liquorrhoe. Allerdings merken die Autor*innen einer aktuellen Systemic Review an, dass es zu wenige große, qualitativ hochwertige randomisierte kontrollierte Studien gibt, um signifikante Schlüsse zu ziehen (32). Die antikonvulsive Therapie ist nur innerhalb der ersten Woche empfohlen, da in diesem Zeitraum frühe posttraumatische Krampfanfälle dadurch verhindert werden können. Spätere Epilepsieepisoden können durch längerfristige Gabe allerdings nicht verhindert werden. Darüber hinaus sind frühe posttraumatische Krampfanfälle nicht mit einem reduzierten neurologischen Outcome oder höherer Mortalität assoziiert (33). Aktuell gibt es keine Empfehlung für einen Wirkstoff, da in Studien kein signifikanter Unterschied in der Wirksamkeit zwischen Levetiracetam und Phenytoin gefunden wurde (26). Zur Vermeidung von thromboembolischen Ereignissen sind physikalische Maßnahmen, wie beispielsweise Kompressionsstrümpfe unumstritten empfohlen (2). Die medikamentöse Thromboseprophylaxe mit Heparin, Heparinderivaten oder neuen oralen Antikoagulanzen (NOAKs) muss mit dem Risiko einer Größenzunahme intrakranieller Blutungen abgewogen werden. Allerdings führen diese Therapieoptionen deutlich seltener zu dieser gefürchteten Komplikation als Vitamin-K-Antagonisten (34). Die Anwendung von Tranexamsäure (TXA) bei SHT-Patient*innen zur Eindämmung und Prophylaxe von intrakraniellen Blutungen wurde im Rahmen des CRASH-3 Trials untersucht. Durch die antifibrinolytische Wirkung von TXA versprach man sich eine Reduktion der Blutvolumenzunahme in existierenden intrakraniellen Hämatomen und eine reduzierte Gesamtmortalität. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Gabe in den ersten Stunden nach der Verletzung die Mortalitätsrate senkt, allerdings bei leichten und mittelschweren SHTs deutlich effektiver wirkt als bei schweren (35). In der deutschen Leitlinie wird die Gabe von TXA als Option ausgewiesen (2).

Zusätzlich zu allen bisher genannten Therapiemöglichkeiten, wurden in der Vergangenheit mehrere Medikamente auf einen potenziellen neuroprotektiven Effekt bei Patient*innen mit SHT untersucht, wobei keine zufriedenstellenden Ergebnisse gezeigt werden konnten. Glukokortikoide wurden bis in die 1990er Jahre in hoher Dosierung beim SHT verwendet.

Jeder traumatischen, ischämischen oder infektiösen Schädigung des zentralen Nervengewebes folgt eine lokale neuroinflammatorische Kaskade. Diese lokalen Entzündungsreaktionen sind eng mit akuten neurodegenerativen Prozessen, wie oxidativem Stress und Apoptose verbunden, welche zu langfristigen neurologischen Ausfällen und zum Tod führen können.

Aufgrund ihrer antiinflammatorischen Wirkung sollten Glukokortikoide dafür geeignet sein, modulierend in diese Reaktion einzugreifen. Darüber hinaus besitzen sie in hoher Dosierung die Fähigkeit, Zellmembranen zu stabilisieren und durch Membranlipidperoxidation einen sekundären Gewebeschaden zu verhindern (36). Aus diesem Grund wurde in den frühen 2000er Jahren die CRASH-Studie ins Leben gerufen, bei der international Patient*innen mit Schädel-Hirn-Trauma randomisiert und entweder mit hochdosiertem Methylprednisolon oder mit Placebo behandelt wurden. Nach Einschluss von über 10.000 Patient*innen wurde das Trial 2004 abgebrochen, da eine Analyse der bisherigen Daten ergab, dass die Sterberate nach zwei Wochen unabhängig von Schwere der Verletzung oder zeitlichen Verzögerung bis zur Behandlung in der Interventionsgruppe signifikant höher war als in der Placebogruppe (37). Aus diesem Grund wird mittlerweile in deutschen sowie angloamerikanischen Leitlinien klar von der hochdosierten Gabe von Glukokortikoiden nach SHT abgeraten (2, 26). Auch Wirkstoffe wie Progesteron oder Erythropoetin wurden aufgrund zunächst vielversprechender Ergebnisse auf neuroprotektive Wirkung hin untersucht. Diese Studien lieferten allerdings ebenso ernüchternde Ergebnisse, weshalb keine dieser Substanzen Einzug in die Therapieempfehlungen gehalten hat (38, 39).

Als operative Nachbehandlung des Schädel-Hirn-Traumas muss neben der Entfernung etwaiger intrakranieller Druckmonitoringsysteme die Kranioplastie bei Patient*innen nach Kraniektomie genannt werden. Diese ist nicht nur aus kosmetischen Gründen sinnvoll, sondern auch durch den mechanischen Schutz des unterliegenden Hirngewebes, insbesondere angesichts der erhöhten Sturzgefahr von Patient*innen mit neurologischen Defiziten durch die Verletzung. Darüber hinaus stellt sie eine prophylaktische Maßnahme gegen das Sinking-Skin-Flap-Syndrom dar. Dabei handelt es sich um eine seltene Folge großer Kraniektomien, bei dem es zu paradoxen Herniationen von Hirngewebe kommt, da der atmosphärische Druck den intrakraniellen Druck übersteigt. Es kann mit neurologischen Beeinträchtigungen wie Kopfschmerzen, Stimmungsschwankungen, fokalen Defiziten oder dem begünstigten Auftreten von epileptischen Anfällen einhergehen (40, 41). Weiters gibt es Hinweise auf eine rasche Besserung dieser neurologischer und kognitiver Defizite unmittelbar nach der Kranioplastie, was eine frühe Rekonstruktion sinnvoll erscheinen lässt

(42). Allerdings kommen andere Autor*innen zu dem Ergebnis, dass frühe Kranioplastien ein signifikant höheres Risiko für Komplikationen wie intrakranielle Infektionen mit sich bringen (43). Eine systematische Übersichtsarbeit aus 2014, die sich diesem Thema widmete kommt zu dem Schluss, dass die Wahl des optimalen Zeitpunkts für die Kranioplastie nicht eindeutig aus der Literatur hervorgeht. Dabei wurden 10 Studien analysiert und es konnte keine eindeutige Empfehlung für den zeitlichen Abstand zwischen Kraniektomie und Rekonstruktion gegeben werden (44).

Ansonsten stehen in der Nachbehandlung des Schädel-Hirn-Traumas rehabilitative Maßnahmen wie Physio- und Ergotherapie im Vordergrund, da man davon ausgeht, damit neurostrukturelle Reorganisationsvorgänge beschleunigen zu können. Die deutsche Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation empfiehlt gezielte Rehabilitationsmaßnahmen bereits in der Akutphase während der intensivmedizinischen Behandlung. In weiterer Folge sollten die Patient*innen während ihres gesamten klinischen Aufenthaltes betreut und die Selbstständigkeit bei den Funktionen des täglichen Lebens trainiert werden (45).

1.1.5 Outcome des Schädel-Hirn-Traumas

Das Outcome nach Schädel-Hirn-Trauma ist nicht einfach zu quantifizieren. Entstandene neurologische Defizite lassen sich nicht immer aus dem primären Verletzungsmuster ableiten und der Erfolg von supportiven Therapien und Rehabilitationsmaßnahmen in der Nachbehandlung wird häufig nicht durchgehend dokumentiert, da er in vielen Fällen erst über längere Zeiträume hinweg eintritt. Eine häufig verwendete Skala zur Einteilung des Outcome ist die Glasgow Outcome Scale (GOS). Diese gibt den Grad der Genesung nach Hirnparenchymschädigung an, wird also auch für Schlaganfälle oder sonstige zerebrale Schäden angewendet. Dabei werden fünf Kategorien unterschieden: 1 entspricht dem Tod, 2 einem vegetativen Zustand, 3 einer schweren Behinderung, 4 einer mäßigen Behinderung und 5 einer leichten bis nicht vorhandenen Behinderung (46). Auch wenn diese Einteilung eine gute Einschätzung der funktionalen Defizite oder der Behandlungserfolge erlaubt, wird die GOS zunehmend kritisiert, da sie wichtige Begleitfaktoren nicht einbezieht. Kosty et al. haben in einem Review aus 2013 verschiedene Skalen für das Outcome eines Schädel-Hirn-Traumas verglichen. Dabei wurde primär kritisiert, dass beim GOS, wie auch bei anderen rein funktionalen Einteilungen, die emotionalen, kognitiven, sozialen und psychologischen Folgen eines SHT nicht ausreichend berücksichtigt werden. Da diese aber besonders relevant für die Lebensqualität der Patient*innen und für deren nach der primären Therapie

notwendige Langzeitbehandlung sind, wird von den Autor*innen empfohlen, zusehends auf ausführlichere Skalen umzusteigen, um sowohl die Dokumentation für Forschungszwecke als auch langfristig die Behandlungsergebnisse zu verbessern (47). Nichtsdestotrotz wird in dieser Arbeit auf Grund ihrer retrospektiven Natur und mangels präziserer vorhandener Daten die GOS als Einteilung für die Ergebnisse zum Outcome verwendet.

1.1.6 Epidemiologie des SHT in Österreich

In Österreich beträgt die Inzidenz der Schädel-Hirn-Traumata 303/100.000 pro Jahr und liegt damit etwas über dem europäischen Durchschnitt von 262/100.000 pro Jahr. Die häufigsten Gründe dafür sind in absteigender Reihenfolge Unfälle im privaten Bereich, Verkehrsunfälle, Sportunfälle, Arbeitsunfälle, körperliche Gewalt, schulische Unfälle, Haus- oder Gartenarbeit und Suizidversuche.

Es treten zwei Altersgipfel auf, einer im Jugendalter und der zweite bei geriatrischen Patient*innen. Mit letzterem lässt sich der Sturz in häuslicher Umgebung als insgesamt häufigste Ursache in Verbindung bringen, den mehrheitlich Frauen zwischen 80 und 90 Jahren erleiden und der damit auch generell die größte Gefahr für SHTs beim weiblichen Geschlecht darstellt. Nichtsdestotrotz zeigt die gesamte Verteilung einen Überhang an männlichen Betroffenen, wobei diese bei Verkehrs-, Arbeits-, und Sportunfälle sowie Verletzungen mit Fremdverschulden deutlich häufiger betroffen sind als die weibliche Bevölkerung. Bei einem gesamten Anteil von nur 2,7% Arbeitsunfällen als Grund für ein Schädel-Hirn-Trauma, liegt die Vermutung nahe, dass die Inzidenz der durch forstwirtschaftliche Unfälle verursachten SHTs relativ gering ausfällt (48).

Im Vergleich zu den europäischen Daten ist anzumerken, dass trotz der höheren Inzidenz von Schädel-Hirn-Traumata die Mortalitätsrate und die Case-Fatality-Rate mit 11/100.000 pro Jahr und 3,6% dem Durchschnitt entsprechen. Die Meta-Analyse von Peeters et al., die 28 epidemiologische Arbeiten verschiedener europäischer Länder zusammentrug, zeigt, dass Stürze zu einem zunehmenden Risikofaktor für SHTs werden, der vor allem die jüngste und die älteste Altersgruppe betrifft (49).

1.2 Darstellung des Themas in den Medien

In den Jahren 2022 bis 2025 waren in steirischen Medien wiederholt Schlagzeilen wie *Tragischer Forstunfall: 58-Jähriger von Baum erschlagen (50)*, *Schwieriges Gelände: 29 Feuerwehrkräfte rückten zu Forstunfall aus (51)* oder *Von Ast getroffen: 59-Jähriger schwer verletzt (52)* zu lesen. Dabei wird oft auf die scheinbare Dynamik der Fallzahlen hingewiesen (*Erneuter Forstunfall (53)*, *Unfall-Serie (54)*, *Wieder Forstunfall in der Oststeiermark (55)*) und das Problem als zunehmend beschrieben.

Im November 2024 wurde eine Statistik des österreichischen Kuratoriums für Verkehrssicherheit veröffentlicht, in dem die österreichweiten tödlichen Forstunfälle in jenem Jahr bis zu diesem Zeitpunkt aufgearbeitet waren. Da es dabei mit 38 zu zwei Fällen mehr als im Vorjahr kam und die Steiermark mit 13 Todesfällen die meisten verzeichnete, wurden Berichte mit Schlagzeilen wie *Tödliche Forstunfälle: Steiermark als trauriger Spitzenreiter (56)* veröffentlicht. Dabei wurde auch auf die Zunahme der Fallzahlen seit 2019 hingewiesen, wo sich 27 tödliche Forstunfälle ereignet hatten. Da eines der Hauptziele dieser Arbeit die Ermittlung der Gesamtmenge an schweren Forstunfällen in der Steiermark in den Jahren 2008 bis 2022 ist, kann durch die Auflistung der Fallzahlen pro Jahr gezeigt werden, wie sich deren Verlauf über den gewählten Zeitraum darstellt. Inwiefern sich die Unfallhäufigkeit über die Zeit verändert und welche Schlüsse sich daraus ziehen lassen, wird in der Diskussion (s. Punkt 4) beleuchtet.



Die Zahl der tödlichen Forstunfälle ist in der Steiermark besonders hoch.

Tödliche Forstunfälle: Steiermark als trauriger Spitzenreiter

Die Zahl der tödlichen Forstunfälle hat in Österreich erneut einen Höchststand erreicht. Besonders viele der tragischen Vorfälle ereigneten sich in der Steiermark.

Abbildung 3: Titelbild Artikel "Tödliche Forstunfälle: Steiermark als trauriger Spitzenreiter", <https://www.5min.at/5202411131251/toedliche-forstunfaelle-steiermark-als-trauriger-spitzenreiter/>, abgerufen am 14.02.2025

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Es handelt sich bei der Studie um eine retrospektive, deskriptive Untersuchung von bereits bestehenden Daten aus den Jahren 2008 bis 2024. Das erste Untersuchungsziel ist es, einen Überblick über die Situation der Forstunfälle in der Steiermark zu schaffen. Dazu werden zwei nicht-klinische Datensätze analysiert, um alle stattgehabten forstwirtschaftlichen Arbeitsunfälle aus den Jahren 2008 bis 2022 zu erfassen und anhand bestimmter Parameter zu unterscheiden. Auf Basis dieser Erkenntnisse werden im zweiten Teil der Ergebnisdarstellung Daten des Universitätsklinikums Graz aus dem Zeitraum 2008 bis 2024 verwendet, um dezidierte klinische Fragestellungen zu beantworten. Auch dabei wird ein deskriptiver Ansatz verfolgt, um die absoluten und relativen Häufigkeiten der gewählten Aspekte darzustellen. Da eine klinische Analyse mit spezifischem Fokus auf Forstunfälle in der Steiermark bisher nicht durchgeführt wurde, ergibt sich der Neuigkeitswert aus der Ermittlung der absoluten Fallzahlen, sowie der häufigsten Verletzungsarten und des medianen Outcomes der Patient*innen.

2.2 Verwendete Datensätze

Für die Arbeit wurden drei Datensätze zur Auswertung herangezogen. Es wurden Unfalldaten des Österreichischen Kuratorium für Alpine Sicherheit (ÖKAS) und der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA), sowie klinische Daten der Steiermärkischen Krankenanstaltsgesellschaft (KAGes) verwendet. Diese drei Datensätze werden bewusst getrennt voneinander analysiert. Da die Daten von ÖKAS und AUVA anonymisiert übermittelt wurden, gibt es keine sichere Möglichkeit, sie mit den klinischen Daten der KAGes abzugleichen. Darüber hinaus geht aus den epidemiologischen Daten nicht hervor, in welche Krankenhäuser die Betroffenen eingeliefert wurden und ob diese überhaupt in der Steiermark versorgt wurden. Das Ziel der Auswertungen der Daten von ÖKAS und AUVA soll es sein, einen Überblick zur gesamten Häufigkeit von Forstunfällen in Österreich und der Steiermark zu ermöglichen, sowie demographische Parameter der Betroffenen darzustellen. Auch die Kombination dieser beiden Datensätze ist nicht zielführend. Da die Daten des ÖKAS aus Einsatzberichten der Alpinpolizei hervorgehen, werden nur Unfälle erfasst, bei denen diese vor Ort war. Daher kann davon ausgegangen werden, dass alle Unfälle, die mit schwerem Personenschaden (schwere Verletzung oder

Tod) und einem entsprechenden Aufgebot an Einsatzkräften verbunden waren, abgebildet sind. Die Auswertungen der AUVA entstammen Versicherungsdaten und umfassen dementsprechend alle als Arbeitsunfälle gemeldeten Ereignisse. Infolgedessen enthalten die Datensätze der AUVA deutlich mehr Unfälle, während alle schwerwiegenden Ereignisse auch in den Daten des ÖKAS aufscheinen und diese aufgrund der polizeilichen Aufzeichnungen genauere Beschreibungen der Unfallhergänge beinhalten.

In weiterer Folge soll die Auswertung der Daten der KAGes, die den Hauptteil der Studie darstellt, die klinischen Verläufe und Behandlungsergebnisse von Forstunfallopfern im LKH Graz beleuchten. Dafür werden mehrere Parameter analysiert, um die häufigsten Verletzungsmuster und notwendigen Behandlungen zu identifizieren, die bei diesem Unfallmechanismus auftreten.

2.3 Daten des Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit (ÖKAS)

Die Daten des ÖKAS wurden aus Einsatzberichten der Alpinpolizei zusammengetragen und beinhalten das Datum und die Uhrzeit, den Ort, die Ursache sowie die Witterungs- und Terrainverhältnisse der Unfälle, sowie das Geschlecht, die Nationalität, das Alter, die vor Ort festgestellten Verletzungen, den Schweregrad der Verletzung und die Art des Abtransports der Unfallopfer. Darüber hinaus enthalten sie eine kurze Beschreibung des Unfallhergangs und Informationen darüber, ob die Opfer einen Helm getragen hatten und ob sie alkoholisiert waren. Der ursprünglich übermittelte Datensatz wurde in mehreren Stufen bereinigt, um den Fragestellungen der Arbeit zu entsprechen. Unfälle bei Bauarbeiten im Forst- und Waldbereich, die keine eigentlichen forstwirtschaftlichen Arbeitsunfälle waren und einzelne Fälle, bei denen andere medizinische Notfälle wie ein Herzinfarkt oder eine anaphylaktische Reaktion auf einen Bienenstich sich zufälligerweise während forstwirtschaftlichen Arbeiten ereigneten, wurden ausgeschlossen. Damit wurden die ursprünglichen 477 Fälle auf 429 reduziert. Die Liste wurde als .exe -Datei übermittelt und die erwähnte Datenbereinigung wurde mittels Microsoft Excel durchgeführt. Die quantitativen Auswertungen und die graphischen Darstellungen dieser wurden mit IBM SPSS Statistics 29 sowie zum Teil mit Microsoft Excel vorgenommen.

Zunächst wird die Gesamtmenge an dokumentierten Unfällen nach Datenbereinigung ermittelt und nach Jahren aufgeteilt dargestellt. Anschließend werden die Unfallursachen und die Verletzungsgrade der Patient*innen in Kategorien zusammengefasst und nach ihrer

Häufigkeit untersucht. Weiters werden die Daten nach den demographischen Parametern Alter, Nationalität und Geschlecht aufgeschlüsselt und die Fälle auf ihre regionale Verteilung innerhalb der Steiermark ausgewertet. Als primären Aspekt der Arbeitssicherheit wird das Tragen eines Helms genauer untersucht. Dazu wird dargestellt, wie viele der Patient*innen zum Unfallzeitpunkt einen Helm getragen hatten und der Zusammenhang des Tragens eines Helms mit der Verletzungsschwere untersucht. Abschließend wird mittels der dokumentierten Verletzungslokalisationen und Verletzungsgrade versucht anzunähern, wie viele Patient*innen ein schweres Schädel-Hirn-Trauma erlitten, den Unfall überlebten und in ein Krankenhaus transportiert wurden und damit den Einschlusskriterien für die klinische Datenanalyse entsprechen würden. Diese Zahl wird mit den Auswertungsergebnissen der KAGes Daten verglichen.

2.4 Daten der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA)

Die Unfallstatistiken der AUVA bilden den Zeitraum 2008 bis 2021 ab und wurden nach Jahren, Unfallursachen und Versicherungsträgern, bei denen die Unfälle eingereicht wurden, aufgeschlüsselt übermittelt. Dabei handelt es sich um einzelne PDF-Dateien, aus denen die Daten übernommen und in einer Microsoft Excel Tabelle zusammengetragen wurden. So konnte eine österreichweite Statistik erstellt werden, aus der sich die stattgefundenen forstwirtschaftlichen Arbeitsunfälle für ganz Österreich und die einzelnen Bundesländer, sowie die jeweiligen Versicherungsanstalten, bei denen diese Unfälle gemeldet wurden, ablesen lassen. Allerdings sind nicht alle Auswertungen dazu vollständig, da es eine Umstellung des Dokumentationssystems und Lücken in den Aufzeichnungen gab. Dadurch sind Daten aus einzelnen Bundesländern, sowie von anderen Versicherungsträgern nicht für den vollständigen Zeitraum verfügbar, insbesondere davon betroffen sind die Jahre 2012 bis 2016. Diese fehlenden Daten können aus der Tabelle in Punkt 3.1.1 nachvollzogen werden. Um mit dieser Statistik Auswertungen vorzunehmen und diese graphisch darzustellen, wurde Microsoft Excel verwendet.

Von besonderem Interesse für die Studie ist dabei, aufzuzeigen, wie hoch die Menge an Forstunfällen in Österreich im gewählten Zeitraum war, um sie dann mit der Statistik aus der Steiermark zu vergleichen. Weiters beinhalten die Dokumente der AUVA präzise Daten zu den betroffenen Berufsgruppen.

2.5 Daten der Steiermärkischen Krankenanstaltengesellschaft (KAGes)

Für die Bearbeitung der klinischen Fragestellungen zu der ausgewählten Population wurden Daten des LKH-Universitätsklinikum Graz verwendet. Der Entschluss, andere steirische Krankenanstalten nicht in die Erhebung einzubeziehen, wurde aufgrund von mehreren Faktoren getroffen. Das Universitätsklinikum stellt den traumatologischen Maximalversorger in der Steiermark dar, dem viele komplexe Traumapatient*innen im Laufe ihrer Krankheitsgeschichte zugeführt werden. Weiters befindet sich dort die einzige neurochirurgische Abteilung und die einzige neurochirurgische Intensivstation öffentlicher Krankenanstaltsträger im Bundesland. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die absolute Mehrheit der für die Studie in Frage kommenden Patient*innen am Universitätsklinikum behandelt wurde.

Die Einschlusskriterien für die untersuchten Fälle beinhalten das Vorliegen eines schweren Schädel-Hirn-Traumas. Nach der in Punkt 1.1.1. dargelegten Klassifizierung sollte somit ein präklinischer GCS von acht oder weniger dokumentiert worden sein. Da die Dokumentation diesbezüglich nicht einheitlich ist, da in verschiedenen Schockraumprotokollen unterschiedlich viel Information aus der präklinischen Einschätzung verwendet wird, oder dieser sich im Verlauf der Versorgung am Unfallort ändert, wird auf die Ersteinschätzung des Schockraumpersonals und die verwendeten Diagnosen im weiteren Krankheitsverlauf zurückgegriffen. Das zweite Einschlusskriterium, ein stattgehabter forstwirtschaftlicher Arbeitsunfall, der zu der schweren Verletzung führte, kann nicht systematisch mittels Codierung oder ähnlichem erfasst werden, sondern muss aus den anamnestisch erhobenen Freitextinformationen in den Befundberichten eruiert werden. Da auch diese nicht konsistent präzise angeführt wurden, gibt es einige Streitfälle, bei denen der genaue Unfallhergang nicht nachvollzogen werden kann und die dementsprechend ausgeschlossen wurden. Weitere Einschlusskriterien sind der Abschluss des 18. Lebensjahres und der Unfallort in der Steiermark.

Um alle potenziellen Patient*innen erfassen zu können, wurden vorab Datenabfragen vom Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation durchgeführt. Dabei wurden zuerst Akten im Zeitraum 2008 bis 2022 auf die ICD-Codes S02 (Fraktur des Schädels und der Gesichtsschädelknochen) und S06 (Intrakranielle Verletzung) sowie nach Schlagwörtern wie „schwer“, „Grad 3“ oder „III“ gefiltert, was eine Gesamtmenge von 173 Fällen ergab. Zusätzlich wurde im Traumaregister der Universitätsklinik für Orthopädie und

Traumatologie Graz nach den gleichen Codes und Schlagwörtern gesucht. Nachdem die Anzahl an Fällen, die anhand dieser Analysen eingeschlossen werden konnten, sich als überraschend gering erwies, wurde eine breiter gestreute Abfrage durchgeführt, um eventuell falsch oder unzureichend codierte, oder in sonstiger Form nicht den Kriterien entsprechend dokumentierte Dokumente zu finden. Dafür wurde für denselben Zeitraum nach den Interventionscodes 5-029.1 (Implantation oder Wechsel einer intrakraniellen Messsonde), 5-022.0 (Anlegen einer externen ventrikulären Drainage) und den Schlagwörtern Hirndrucksonde, Drucksonde, ICP-Sonde, Hirnparenchymsonde, Hirnparenchymdrucksonde, Parenchymsonde, Parenchymdrucksonde und Ventrikeldrainage gefiltert. Damit konnten alle Patient*innen dargestellt werden, die im Laufe ihres klinischen Aufenthaltes eine ventrikuläre Drainage oder eine intrakranielle Drucksonde erhielten. Weiters wurden gezielte Freitextabfragen nach Schlagwörtern wie „Forstunfall“, „Baum“, „Holz“ etc. durchgeführt, um passende Fälle zu finden. Zusätzlich wurde der Untersuchungszeitraum für die klinischen Daten um zwei Jahre auf 2008 bis 2024 erweitert. Damit soll ein besseres Gesamtbild der Situation dargestellt werden, da es insbesondere im Jahr 2024 zu mehreren Forstunfällen mit entsprechenden Schädel-Hirn-Verletzungen kam, die für großes mediales Aufsehen sorgten. Darüber hinaus wurden die Fälle nach dem Vorkommen der Diagnose Schädel-Hirn-Trauma sortiert, die relevanten Informationen aus Anamnese, Verlaufsdokumentation und Therapieplänen eingefügt, sowie Indikationen und Berichte der durchgeführten Operationen ergänzt.

Der gesamte Datensatz beinhaltet 4099 Fälle, wovon 1648 die Diagnose Schädel-Hirn-Trauma verzeichnet haben und davon bei 52 ein Treffer mit einem der Schlagwörter in der Anamnese gefunden wurde. Diese Fälle wurden einzeln mit dem Dokumentationssystem *openMEDOCS* gesichtet, um die Einschlusskriterien zu überprüfen, wobei sieben Fälle ausgeschlossen wurden. Das betraf Patient*innen, die zum Unfallzeitpunkt noch nicht das 18. Lebensjahr abgeschlossen hatten oder deren klinisches Zustandsbild bei Aufnahme weder eine intensivmedizinische Behandlung noch eine chirurgische Intervention nach sich zogen, wodurch sie nicht dem Einschlusskriterium eines schweren Schädel-Hirn-Traumas entsprachen.

Nachdem alle Fälle im Untersuchungszeitraum 2008-2022 erfasst und die Ergebnisse mit der Auswertung der epidemiologischen Daten verglichen wurde, wurden alle weiteren Auswertungen im erweiterten Zeitraum 2008-2024 durchgeführt.

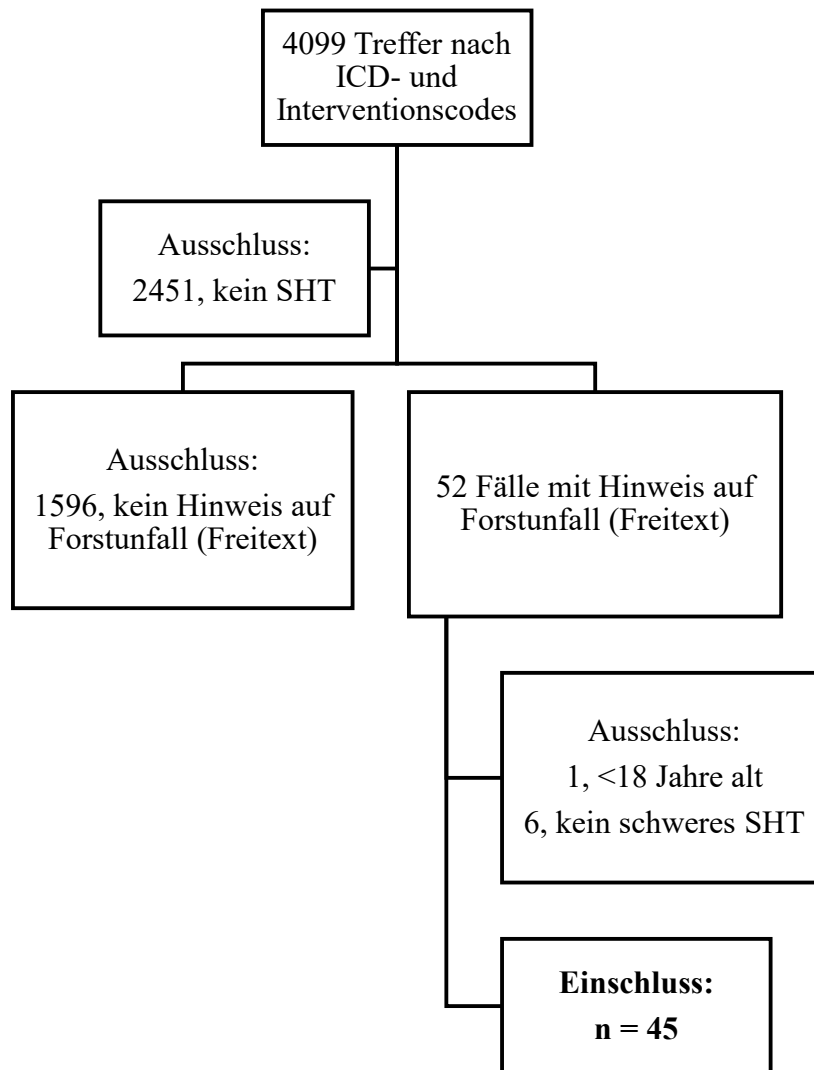


Abbildung 4: Einschlussprozess

3 Ergebnisse – Resultate mit graphischen Darstellungen

3.1 Epidemiologische Statistiken

Die epidemiologischen Statistiken, die aus den Datensätzen der AUVA und des ÖKAS erstellt wurden, dienen dazu, einen Überblick über die Unfalllage im forstwirtschaftlichen Bereich in Österreich und in der Steiermark zu schaffen. Zuerst wird mittels den Daten der AUVA die Gesamtmenge an stattgehabten Unfällen in Österreich im Zeitraum 2008-2022 ermittelt. Zusätzlich wird damit aufgezeigt, bei welchen Versicherungsanstalten diese Unfälle gemeldet wurden und welche Berufsgruppen davon wie stark betroffen waren. Nachfolgend werden mit den Daten des ÖKAS epidemiologische Fragestellungen explizit zur Steiermark beantwortet. Dazu werden die Gesamtmenge an stattgehabten Unfällen, die Häufigkeiten der jeweiligen Unfallursachen und die Verteilung der am Unfallort grob eingeschätzten Verletzungsgrade dargestellt. Anschließend wird eine demographische Auswertung durchgeführt, bei der die Fälle nach den Parametern Alter, Geschlecht und Nationalität aufgeschlüsselt werden. Zusätzlich wird der Faktor „Tragen eines Helms“ nach Häufigkeit untersucht und mit den in Punkt 3.1.4. dargestellten Verletzungsgraden korreliert. Abschließend wird versucht, den Anteil der Patient*innen zu ermitteln, die den in Punkt 2.5. angeführten Einschlusskriterien entsprechen könnten. Da eine genaue Bestimmung dieser Kriterien aufgrund der Natur der Daten, die nicht aus medizinischen Dokumentationen stammen, nicht möglich ist, wird nur eine Schätzung der in Frage kommenden Fälle angegeben und diese mit den Ergebnissen der klinischen Daten der KAGes verglichen.

3.1.1 Gesamtmenge an Unfällen in Österreich und betroffene Berufsgruppen

Zuerst wurde anhand der Datensätze der AUVA eine allgemeine Unfallstatistik für Österreich erstellt. Darin sind alle als Forstunfälle bei den großen österreichischen Versicherungsträgern gemeldeten Ereignisse enthalten. Im Zeitraum 2008 bis 2021 wurden insgesamt 9251 Unfälle bei der AUVA und 7803 Unfälle bei der SVS dokumentiert, deren Aufschlüsselung nach Jahren aus Tabelle 1 nachvollziehbar ist.

Die dokumentierten Unfälle im Datensatz der AUVA werden unter anderem danach eingeteilt, bei welcher Versicherungsanstalt sie gemeldet wurden. In Österreich gibt es drei soziale Unfallversicherungsträger, die gemäß der gesetzlichen Unfallversicherung unterschiedliche Berufsbereiche abdecken. Die Allgemeine Unfallversicherungsanstalt

(AUVA) ist dabei für Angestellte und Arbeiter*innen, sowie für Auszubildende und Studierende zuständig. Weitere Träger sind die Sozialversicherungsanstalt der Selbstständigen (SVS) und die Versicherungsanstalt öffentlicher Bediensteter, Eisenbahn und Bergbau (BVAEB). Aus den Daten geht hervor, dass etwa die Hälfte der jährlichen Forstunfälle je der AUVA und der SVS gemeldet werden. Darüber hinaus wurden für die einzelnen Jahre die Menge der Unfälle, die sich in der Steiermark ereignet hatten, erhoben. Wie in Punkt 2.2 erwähnt, gibt es hier Lücken in der Dokumentation, die in Tabelle 1 ersichtlich sind.

Jahr	AUVA	SVS	AUVA+SVS	davon Steiermark
2008	742	1150	1892	/
2009	602	863	1465	/
2010	635	1025	1660	466
2011	642	1061	1703	432
2012	672	/	/	/
2013	692	/	/	/
2014	737	/	/	/
2015	741	/	/	/
2016	697	/	/	/
2017	673	764	1437	325
2018	686	868	1554	392
2019	704	771	1475	353
2020	472	698	1170	283
2021	556	603	1159	301
Gesamt	9251	7803	13515	6091

Tabelle 1: Fallzahlen pro Jahr AUVA

Aus den Versicherungsdaten können Rückschlüsse über die Berufszugehörigkeit der Verunfallten geschlossen werden. Bei der AUVA sind Forstarbeitskräfte, Bio- und Waldbautechniker*innen, Hilfsarbeiter*innen in Land- und Forstwirtschaft, Gärtner*innen und Baukonstrukteur*innen versichert. Die relativen Häufigkeiten, mit der diese Berufsgruppen österreichweit im Zeitraum 2008 bis 2021 von Forstunfällen betroffen waren,

sind in folgendem Diagramm abgebildet. Die mit 82% mit Abstand am häufigsten betroffene Berufsgruppe ist die der Forstarbeitskräfte und verwandter Berufe.

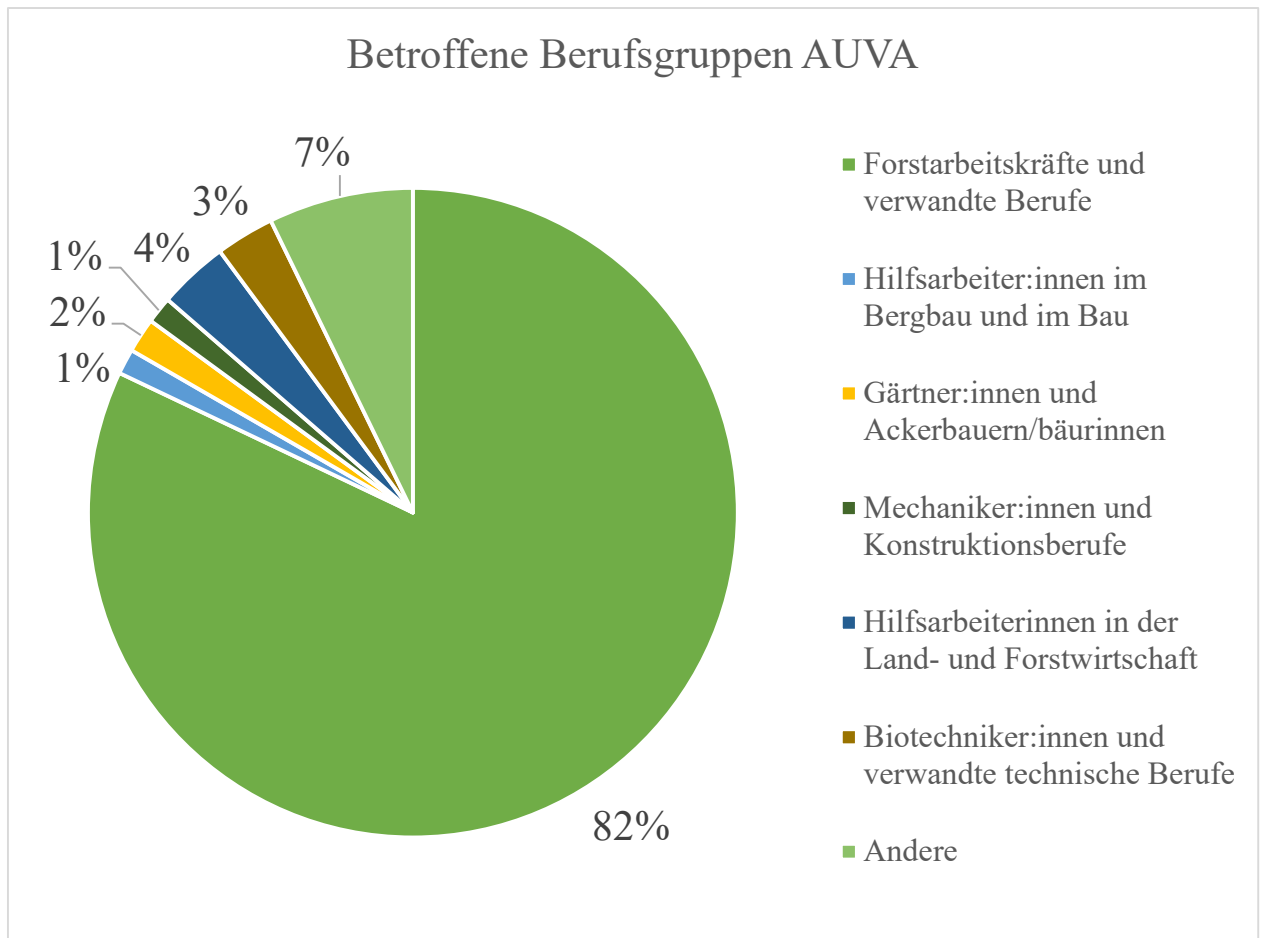


Abbildung 5: Betroffene Berufsgruppen AUVA

Die SVS versichert Führungskräfte in Land- und Forstwirtschaft, Landwirt*innen und Tierhalter*innen, sowie Forstarbeitskräfte und Hilfsarbeitskräfte. Die relativen Häufigkeiten an Forstunfällen, die diese Berufsgruppen österreichweit im gleichen Zeitraum erleiden, ist in der folgenden Graphik dargestellt. Dabei ist die mit 51% am häufigsten betroffene Berufsgruppe die der Führungskräfte in der Produktion in der Land- und Forstwirtschaft, gefolgt von Landwirt*innen mit Ackerbau und Tierhaltung mit 30%.

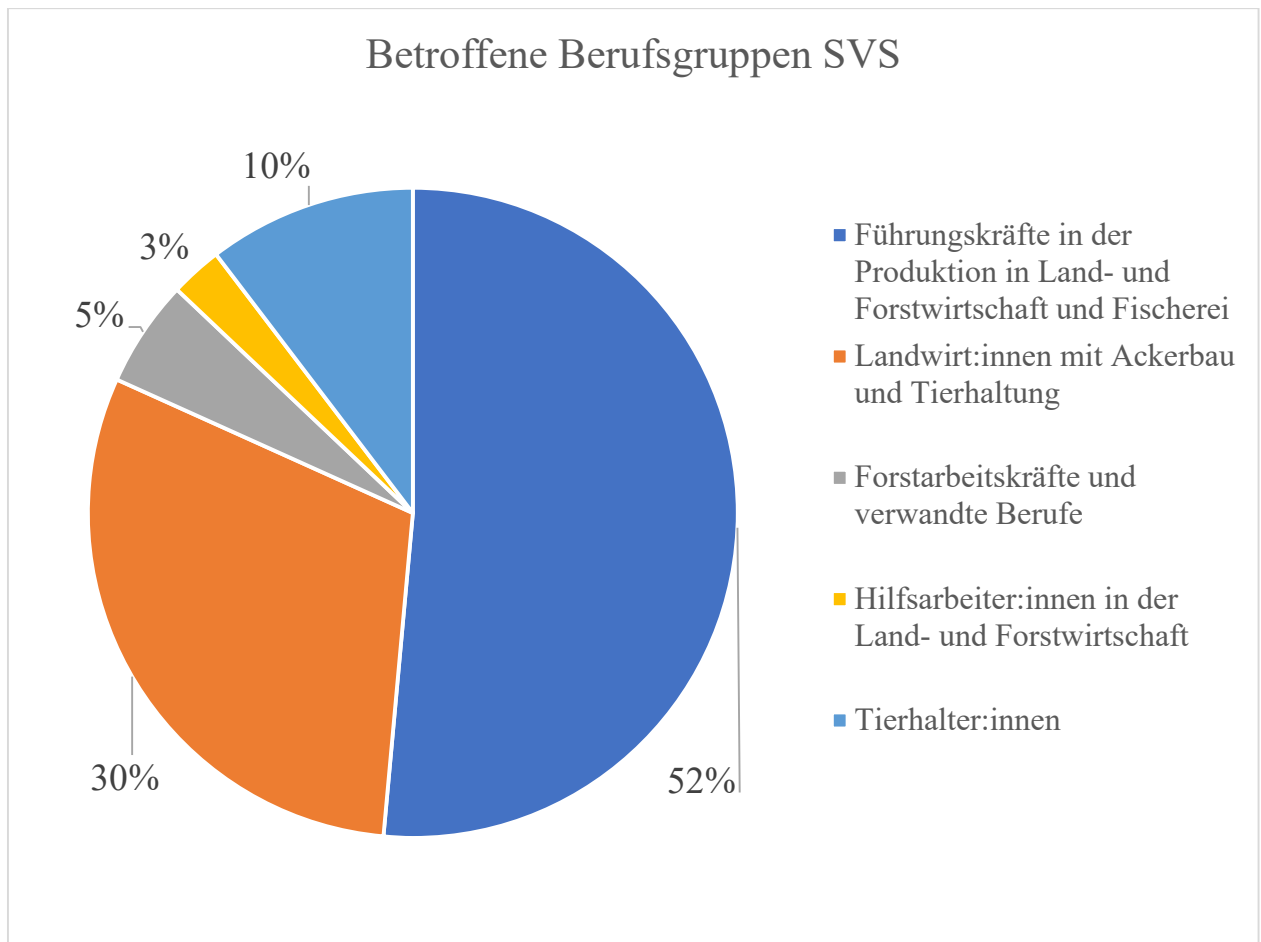


Abbildung 6: Betroffene Berufsgruppen SVS

3.1.2 Gesamtmenge an Unfällen in der Steiermark

Da die Daten des ÖKAS aus Einsatzberichten der Alpinpolizei zusammengetragen wurden, kann aufgrund der in Punkt 2.2 genannten Gründe davon ausgegangen werden, dass insgesamt weniger Fälle dokumentiert wurden als im Datensatz der AUVA. Allerdings beinhalten die Daten des ÖKAS alle Unfälle, die mit schweren Verletzungen oder Todesfällen einhergingen, was die Auswertung besonders relevant für die nachfolgenden klinischen Fragestellungen macht.

Vor der in Punkt 2.3 beschriebenen Datenbereinigung waren 477 Unfälle angeführt. Nach Eingrenzung des Zeitraums und der Bereinigung von internistischen oder sonstigen nicht-traumatischen Notfällen, verblieben 429 Fälle. Diese werden nach Jahren aufgeschlüsselt organisiert in Tabelle 2 gezeigt. Die durchschnittliche Unfallmenge pro Jahr beträgt für diesen Zeitraum 28,6. Die weiteren Auswertungen, bis zu Punkt 3.1.6., beziehen sich auf diesen Datensatz.

Jahr	Häufigkeit	Prozent
2008	55	12,8%
2009	24	5,6%
2010	36	8,4%
2011	32	7,5%
2012	24	5,6%
2013	30	7%
2014	29	6,8%
2015	22	5,1%
2016	17	4%
2017	17	4%
2018	25	5,8%
2019	29	6,8%
2020	24	5,6%
2021	35	8,2%
2022	30	7%
Gesamt	429	100%

Tabelle 2: Fallzahl pro Jahr ÖKAS

Die jährlichen Unfallzahlen zeigen weder eine starke Zunahme noch Abnahme, wobei das Jahr 2008 mit verhältnismäßig vielen Fällen einen Ausreißer nach oben darstellt. Der zeitliche Verlauf der Menge an Unfällen pro Jahr kann in dem folgenden Balkendiagramm nachvollzogen werden.

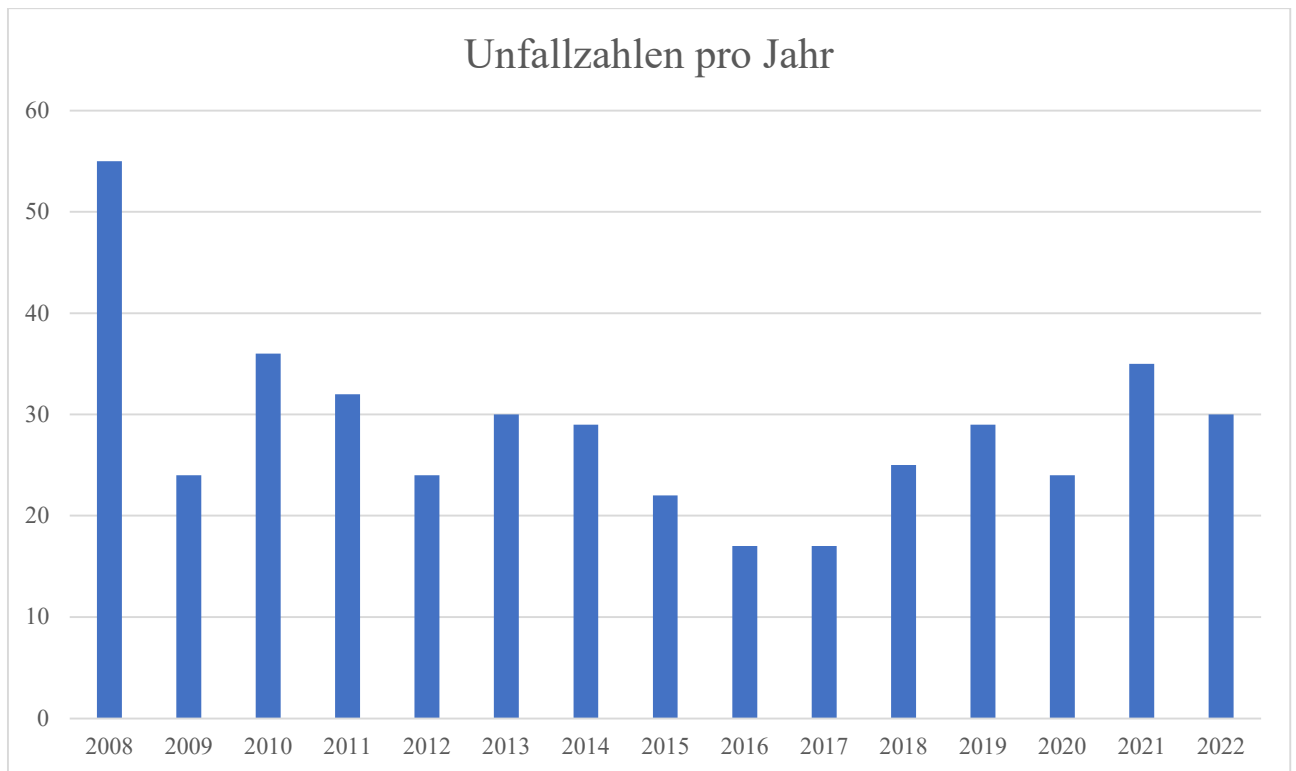


Abbildung 7: Unfallzahlen pro Jahr

3.1.3 Die häufigsten Unfallursachen

In weiterer Folge wurden die Unfallursachen in Gruppen eingeteilt und die Häufigkeiten dieser in der Gesamtmenge untersucht. Die Dokumentation erfolgte größtenteils mit standardisierten Kategorien, teilweise aber auch mit expliziten Beschreibungen. Letztere wurden entsprechend der Beschreibung händisch einer Kategorie zugeteilt. Hierbei enthalten sind „Absturz“, „Aufprall gegen Hindernis“, „Fallender Baum“, „Steinschlag“, „Erdbeben“, „technisches Gebrechen/Materialversagen“ und „Sonstiges“. Die Häufigkeit der verschiedenen Ursachen kann in Tabelle 3 nachvollzogen werden. Auffallend ist dabei, dass mit knapp 38% ein großer Teil der Fälle keiner der Ursachen zuzuordnen war („sonstiges“). Nach Sichtung der Unfallberichte handelt es sich bei den Fällen dieser Kategorie größtenteils um Extremitätenverletzungen mit Schnittwerkzeugen, Einklemmungen zwischen Bäumen oder zwischen Bäumen und Fahrzeugen, sowie nicht näher beschriebenen Unfällen.

Unfallursache	Häufigkeit	Prozent
Absturz	42	9,8%
Aufprall gegen Hindernis	16	3,7%
Erdrutsch	1	0,2%
Fallender Baum	190	44,3%
Sonstiges	164	38,2%
Steinschlag	5	1,2%
Technisches Gebrechen / Materialversagen	11	2,6%

Tabelle 3: Unfallursachen

3.1.4 Verteilung der Verletzungsgrade

Im Datensatz des ÖKAS werden die Verletzungen der Patient*innen grob in sechs Schweregrade eingeteilt. Zur Auswertung wurden diese zu den fünf Kategorien „unverletzt“, „leicht verletzt“, „schwer verletzt“, „tot“, „Verletzung unbestimmten Grades“ und „unbekannt“ zusammengefasst, wobei die Einstufung „unbekannt“ mit „unbestimmten Grades“ gleichgesetzt wurde. Da diese Ersteinschätzung vom Personal der Alpinpolizei und nicht von medizinischem Fachpersonal vorgenommen wurde, kommt sie keiner standardisierten klinischen Graduierung gleich. Die Häufigkeiten der Unfallfolgen werden in Tabelle 4 dargestellt.

Verletzungsgrad	Häufigkeit	Prozent
Leicht verletzt	54	12,6%
Schwer verletzt	240	55,9%
Tot	71	16,6%
Unverletzt	11	2,6%
Verletzung unbestimmten Grades	53	12,4%

Tabelle 4: Verletzungsgrade

3.1.5 Transportart

Die gewählte Transportart, mit der verletzte Patient*innen vom Unfallort in eine Klinik transportiert wurden, wird in „bodengebunden“ und „mittels Helikopter“ unterschieden. Bei 52 Fällen wurde keine Rettung dokumentiert, wobei sich diese auf alle Verletzungsgrade verteilen. Von den übrigen Patient*innen wurden 97 primär mittels Hubschrauber transportiert, 204 mit einem bodengebundenen Rettungsmittel und die übrigen 76 mit einer Kombination aus terrestrischem Einsatzfahrzeug und Rettungshubschrauber. Diese Methode wird für gewöhnlich angewandt, wenn es am Unfallort keinen geeigneten Landeplatz gibt. Der Helikopter landet an einem vorab vereinbarten Ort, die Patient*innen werden vom Rettungswagen dorthin gebracht und am Luftweg weiter in ein Krankenhaus transportiert. Alternativ kann auch vom bodengebundenen Rettungsmittel oder der Polizei das Notarztteam aus dem Hubschrauber direkt an die Unfallstelle gebracht werden, um die Erstversorgung zu gewährleisten, bevor der Transport erfolgt. Die absoluten und relativen Häufigkeiten der jeweiligen Transportmodalitäten können folgender Tabelle entnommen werden.

Transportart	Häufigkeit	Prozent
Helikopter	97	22,61%
Bodengebunden	204	47,55%
Bodengebunden + Helikopter	76	17,72%
Unbekannt	52	12,12%

Tabelle 5: Transportarten

3.1.6 Demographische Auswertung

Aus den Berichten der Alpinpolizei ergeben sich mehrere zusätzliche Informationen zu den verunfallten Personen neben Unfallhergang und Verletzungsmuster. So können Alter, Geschlecht und Nationalität als demographische Parameter untersucht werden. Die Altersverteilung reicht von 18 bis 89 bei einem Durchschnitt von 46 Jahren und einem Median von 44 Jahren. Von den 429 Patient*innen sind 422 männlich und 7 weiblich, was einer relativen Verteilung von 98,4% männlich zu 1,6% weiblich entspricht. Die Mehrheit

der Verunfallten ist österreichischer Nationalität, die anderen aus verschiedenen europäischen Staaten, wobei Rumänien und Bosnien/Herzegowina am häufigsten vertreten sind. Bei vier Betroffenen wurde keine Staatsangehörigkeit dokumentiert. Die genaue Aufteilung der Nationalitäten ist in Tabelle 6 dargestellt.

Nationalität	Häufigkeit	Prozent
Bosnien und Herzegowina	28	6,5%
Kroatien	4	0,9%
Österreich	326	76%
Polen	7	1,6%
Rumänien	47	11%
Serbien	1	0,2%
Montenegro	1	0,2%
Slowakei	9	2,1%
Slowenien	2	0,5%
unbekannt	4	0,9%

Tabelle 6: Nationalitäten

3.1.7 Tragen eines Helms

Das Tragen eines Helms zum Unfallzeitpunkt wurde neben der Geländebeschaffenheit und der Wettersituation als arbeitssicherheitstechnischer Aspekt dokumentiert. Dabei wurde das Tragen eines Helms entweder bestätigt, ausgeschlossen, oder nicht angegeben. Von den 429 Patient*innen trugen 244 einen Helm, bei 131 wurde das Tragen eines Helms ausgeschlossen und bei 54 keine Angabe gemacht. Das entspricht einer relativen Verteilung von 56,87% mit Helm, 30,53% ohne Helm und 12,58% ohne Information, ob ein Helm getragen wurde.

Um festzustellen, inwiefern das Tragen eines Helms mit den Unfallfolgen bei Verletzungen des Schädels korreliert, werden statistische Tests durchgeführt. Die Annahme ist, dass es eine negative Korrelation zwischen den beiden Werten gibt, also in der Helm-Gruppe signifikant weniger Fälle der Kategorie „schwer verletzt“ und „tot“ festzustellen sind. Dazu werden sowohl alle Fälle, bei denen keine Angabe zum Tragen eines Helms gemacht wurden, als auch alle Fälle mit Verletzungen unbestimmten Grades für die Auswertung

ausgeschlossen. Somit können 332 Fälle eingeschlossen werden. Die Verteilung der Verletzungsgrade auf die zwei Gruppen ist in folgender Tabelle dargestellt.

		Verletzungsgrad				
		Leicht verletzt	Schwer verletzt	Tot	Unverletzt	Gesamt
Helm	Ja	37	146	29	5	217
	Nein	12	61	36	6	115
Gesamt		49	207	65	11	332

Tabelle 7: Vergleich Verletzungsgrade und Tragen eines Helms

Um einen möglichen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen festzustellen, wird ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Dieser ergibt einen Wert von $[p = <0,001]$ und weist damit auf einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen dem Tragen eines Helms und dem Verletzungsgrad hin. Während die Gruppe mit Helm zwar in absoluten Zahlen mehr schwer und leicht Verletzte beinhaltet, ist die Anzahl an schwer Verletzten und Toten in der Gruppe ohne Helm im Verhältnis zur Gesamtmenge signifikant höher.

Die Verteilung der jeweiligen Verletzungsgrade auf die zwei Gruppen kann in der folgenden Graphik mit gruppierten Säulendiagrammen nachvollzogen werden.

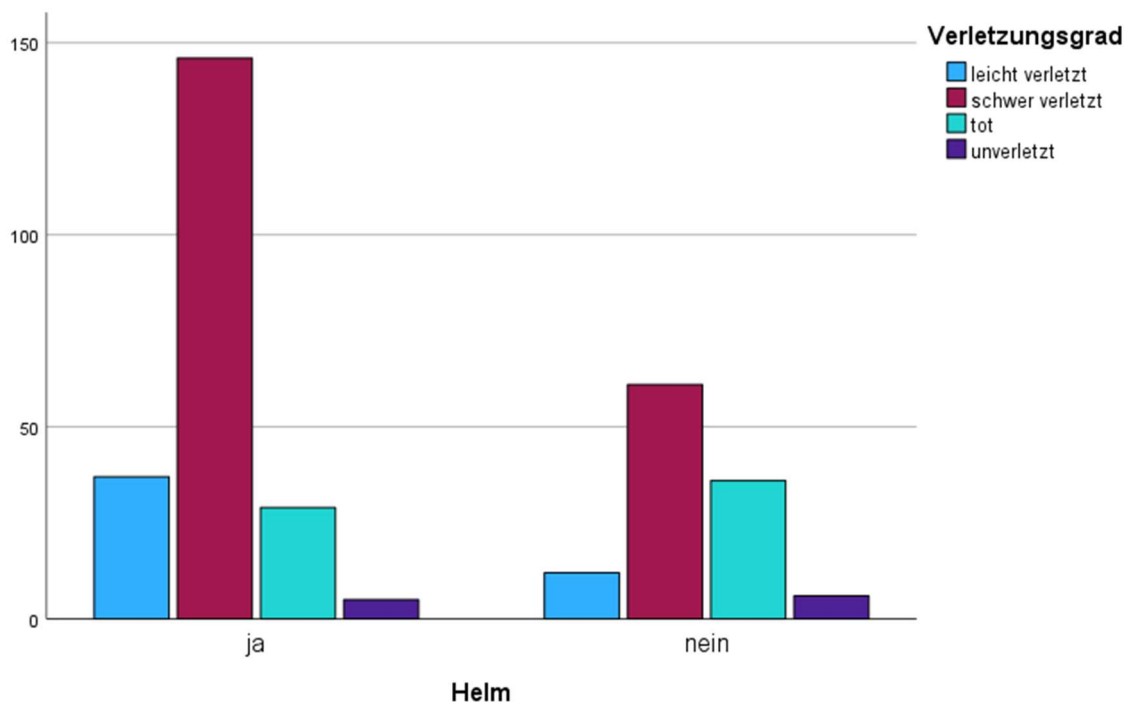


Abbildung 8: Korrelation zwischen dem Tragen eines Helms und dem Verletzungsgrad

3.1.8 Fälle mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma

Eine der zentralen Fragen dieser Studie ist, wie häufig sich Schädel-Hirn-Traumata im Rahmen von Forstunfällen ereignen. Da die Daten des ÖKAS aus den Aufzeichnungen der Alpinpolizei stammen und dementsprechend wenig präzise medizinische Beschreibungen beinhalten, lässt sich der Anteil an den 429 Fällen, der für die Fragestellung relevant ist nur, schwer konkretisieren. Durch die vorhandenen Einteilungen der Verletzungen lässt sich allerdings eine Einschätzung treffen, die in weiterer Folge mit den klinischen Daten der KAGes verglichen werden kann. Indessen muss berücksichtigt werden, dass, wie in Punkt 2.2. beschrieben, keine einzelnen Fälle miteinander verglichen werden können. Demnach könnte sich eine etwaige Differenz auch durch den Transport der Patient*innen in Krankenhäuser anderer Bundesländer, peripherer KAGes-Kliniken ohne anschließende Überstellung nach Graz oder das Versterben der Patient*innen am Transportweg erklären lassen.

Um die Fälle mit schwerem SHT abzugrenzen, wurden die Fälle nach mehreren Parametern gefiltert. Die Unfallfolgen wurden auf „schwer verletzt“, „Verletzung unbestimmten Grades“ und „tot“ eingegrenzt, die Unfallberichte nach den Schlagworten „Schädel-Hirn-

Trauma“, „Kopf“, „Polytrauma“, „Gehirnerschütterung“ und „Schädelbruch“ durchsucht und die Verletzungslokalisationen auf „Kopf“, „Kopf/Hals“ und „gesamter Körper“ begrenzt. Diese Auswertung ergab eine Gesamtmenge an 57 Fällen, wovon 31 noch am Unfallort verstarben. Damit ergibt sich eine Ersteinschätzung von 27 Fällen an schweren Schädel-Hirn-Traumata durch Forstunfälle im gewählten Zeitraum in der Steiermark, die hospitalisiert wurden. Die Auswertung der KAGes-Daten ergibt für denselben Zeitraum 39 Fälle, wie in Punkt 3.2.1. nachvollzogen werden kann.

3.2 Klinische Statistiken

Nachdem aus den epidemiologischen Daten ein Überblick über die Gesamtmenge an Forstunfällen in der Steiermark möglich ist, werden in weiterer Folge die klinischen Daten aus dem Universitätsklinikum Graz verwendet, um die Patient*innen zu ermitteln, die nach einem Unfall dort behandelt wurden. Dabei wird zuerst eine quantitative Statistik dieser Fälle anhand der Einschlusskriterien erstellt und mit den Daten der AUVA und des ÖKAS verglichen. Darüber hinaus werden spezifische klinische Parameter erhoben und miteinander in Verbindung gesetzt. Dies beinhaltet die Art des Transportes in die Klinik (bodengebunden oder per Hubschrauber), die radiologische Beschreibung der Verletzungen aus der ersten innerklinischen Bildgebung (meist eine Computertomographie des Schädels), die vorgenommenen operativen Interventionen, die Aufenthaltsdauer der Patient*innen auf der Intensivstation und das Outcome der Betroffenen nach dem Glasgow Outcome Scale. Dadurch soll ein Eindruck zur Frage gewonnen werden, welche klinischen Zustandsbilder und Behandlungsergebnisse nach schweren Forstunfällen zu erwarten sind.

3.2.1 Absolute Fallzahl und Vergleich mit anderen Datensätzen

Da der Untersuchungszeitraum der KAGes-Daten, wie in Punkt 2.4. beschrieben, im Laufe der Studie erweitert wurde, werden hier zunächst die Ergebnisse des ursprünglichen Zeitrahmens dargestellt und mit den Auswertungen der AUVA- und der ÖKAS-Daten verglichen. Ab dem nachfolgenden Punkt 3.2.2. beziehen sich alle Auswertungen aus den erweiterten Untersuchungszeitraum.

Von 2008 bis 2022 konnten 39 Fälle des Universitätsklinikums Graz eingeschlossen werden. Diese wurden mittels der in Punkt 2.4. erklärten Datenabfrage identifiziert und durch manuelles Sichten der Aufnahmebefunde bestätigt. Die Patient*innen wurden von Rettungskräften direkt in den multidisziplinären, chirurgischen Schockraum gebracht und von dort in weiterer Folge auf die neurochirurgische oder eine der kombinierten chirurgischen Intensivstationen verlegt. Die absolute Menge übersteigt damit das approximierte Ergebnis der ÖKAS-Datenauswertung von 27. Nach Erweiterung des Untersuchungszeitraumes der klinischen Daten konnten von 2008 bis 2024 45 Fälle eingeschlossen werden, wobei sich alle sechs zusätzlichen Fälle im Jahr 2024 ereignet hatten. Zuerst wurde die Häufigkeit pro Jahr untersucht, um eine mögliche Zu- oder Abnahme von schweren Schädel-Hirn-Traumata durch Forstunfälle über den Zeitraum hinweg zu beurteilen. Die zeitliche Verteilung der Fälle ist in folgender Tabelle dargestellt.

Jahr	Häufigkeit	Prozent
2008	5	11,1%
2009	1	2,2%
2010	2	4,4%
2011	4	8,9%
2012	2	4,4%
2013	4	8,9%
2014	2	4,4%
2015	2	4,4%
2016	2	4,4%
2017	0	0%
2018	4	8,9%
2019	1	2,2%
2020	5	11,1%
2021	3	6,7%
2022	2	4,4%
2023	0	0%
2024	6	13,3%
Gesamt	45	100%

Tabelle 8: Fallzahlen pro Jahr KAGes

Um die Fallzahl pro Jahr darzustellen, wird ein Säulendiagramm verwendet, in dem eine eventuelle Zu- oder Abnahme erkannt werden kann. Dabei ist eine gleichmäßige Verteilung der Fallzahlen auf die 16 beobachteten Jahre sichtbar, wobei in den Jahren 2017 und 2023 kein einziger Fall dokumentiert wurde. Die meisten Patient*innen konnten im Jahr 2024 eingeschlossen werden.

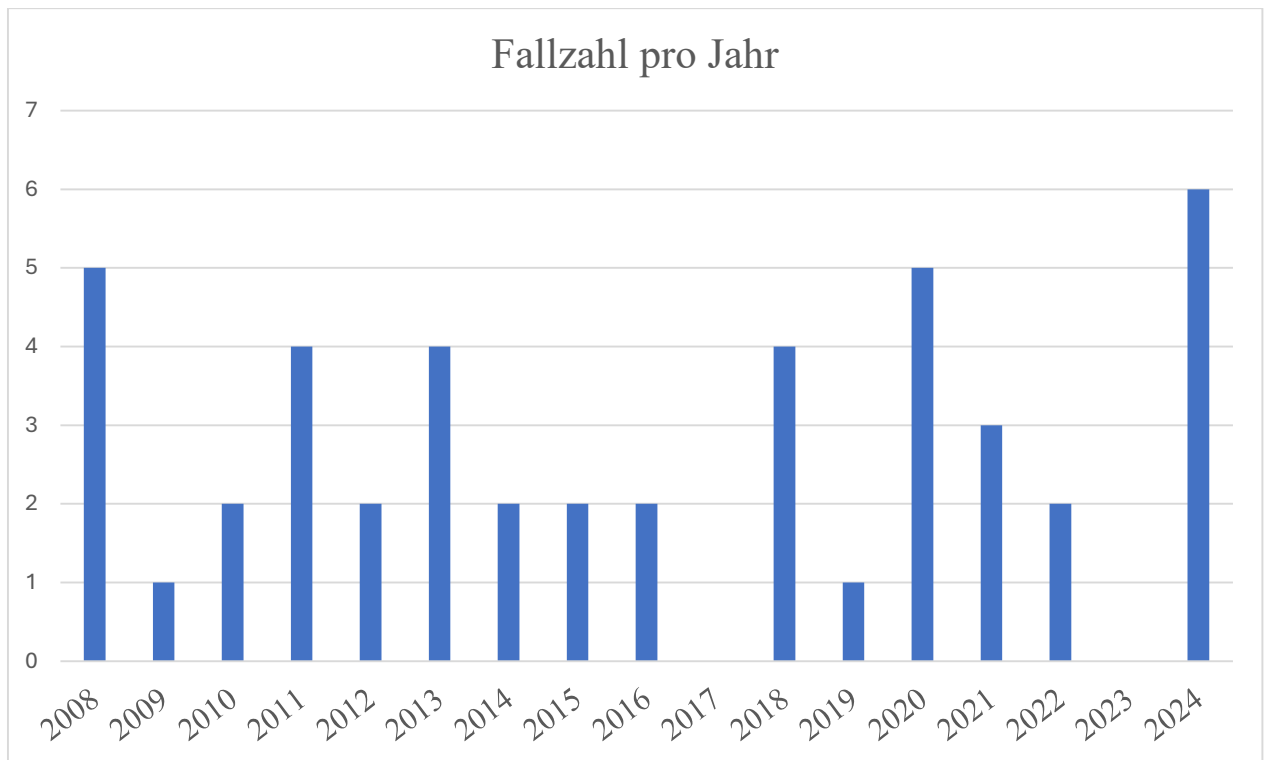
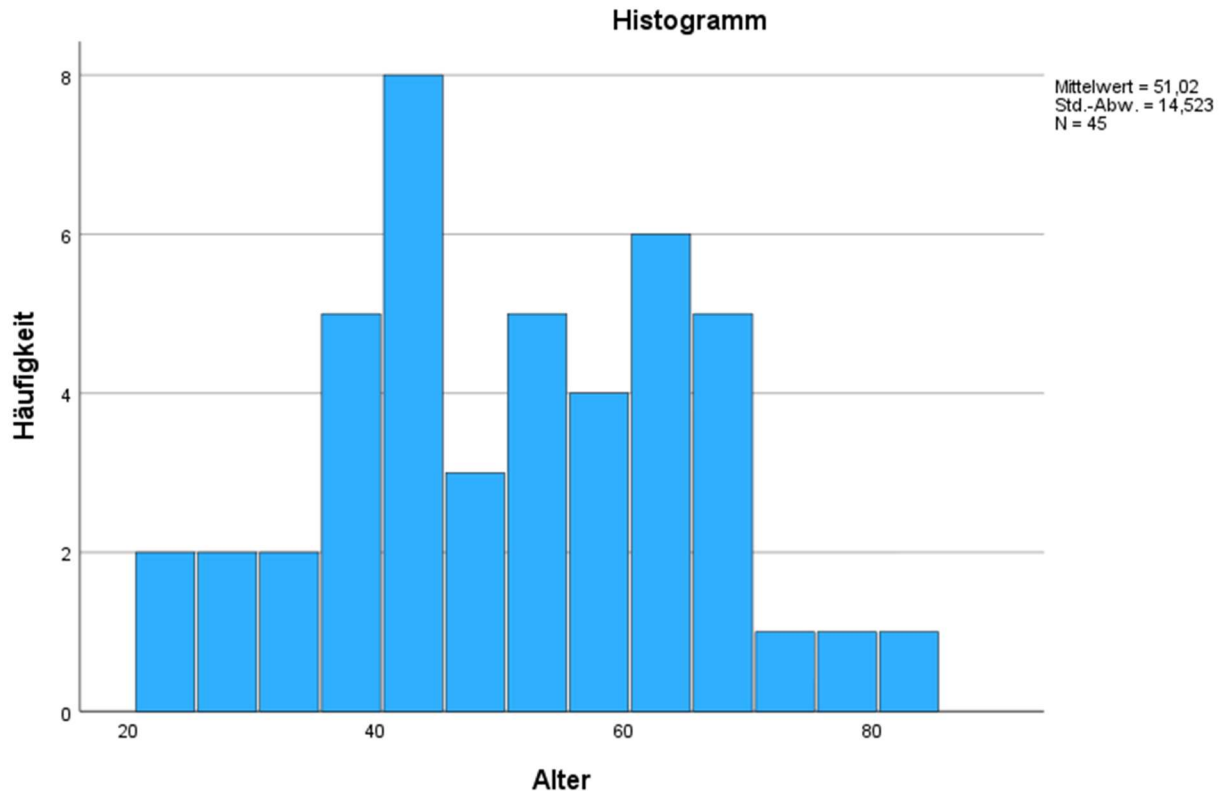


Abbildung 9: Fallzahl pro Jahr

3.2.2 Demographische Auswertung

Diese Patient*innen wurden in weiterer Folge auf demographische Parameter hin ausgewertet. 42 von ihnen sind männlich und drei weiblich, was einer prozentuellen Verteilung von 93,33% zu 6,67% entspricht. Die Patient*innen variieren im Alter zwischen 23 und 82, das Durchschnittsalter beträgt 51 Jahre bei einer Standardabweichung von 14,5. Der Median beträgt 52 Jahre. Die Altersverteilung der Betroffenen wird in folgendem Histogramm dargestellt.



*Abbildung 10: Altersverteilung der Patient*innen*

3.2.3 Transportart

Eine weitere klinische Fragestellung zu den eingeschlossenen Fällen ist die der Transportart, mittels der die Patient*innen die Klinik erreichten. Die Auswertung der Schockraumbefunde ergab, dass 35 Patient*innen mit dem Hubschrauber und 6 bodengebunden transportiert wurden. In vier Fällen wurde keine Angabe zur Transportart dokumentiert. Das entspricht einer relativen Verteilung von 77,8% Hubschrauber zu 13,3% bodengebunden und 8,9% unbekannt.

3.2.4 Beschriebene Verletzungsmuster

Ein wichtiger Aspekt für die Charakterisierung eines Schädel-Hirn-Traumas ist das primäre Verletzungsmuster. Für die statistische Auswertung wurden die radiologischen Befunde der ersten kranialen Bildgebung herangezogen und die dort beschriebenen Pathologien eingeteilt. Diese erste Bildgebung war in jedem Fall eine Computertomographie des Schädels, welche teilweise isoliert oder im Rahmen eines Polytrauma-CT durchgeführt wurde. Zuerst wurde ermittelt, ob eine knöcherne Schädelverletzung festgestellt wurde.

Diese wurden zusätzlich in Kalottenfraktur, Impressionsfraktur, Schädelbasisfraktur und Gesichtsschädelfraktur unterteilt. Anschließend wurde untersucht, ob es intrakranielle Blutungen gab, welche in die Kategorien epidurale, subdurale, subarachnoidale oder intrazerebrale Hämorrhagien eingeteilt wurden. Darüber hinaus wird das Vorhandensein von weiteren kranialen Verletzungen, wie eines Pneumocephalus, einer Duraruptur oder einer diffusen axonalen Schädigung ermittelt und etwaige Begleitverletzungen anderer Organe oder Strukturen dokumentiert.

Die Auswertung ergibt bei 33 Patient*innen (73%) eine Fraktur des knöchernen Schädels. Dabei handelte es sich in 24 Fällen (53%) um eine Fraktur der Schädelkalotte, wovon 12 (27%) als Impressionsfrakturen dokumentiert wurden. Bei 9 Patient*innen (20%) wurden Schädelbasisfrakturen dokumentiert und 14 (31%) erlitten eine Gesichtsschädelfraktur. Dabei gibt es Überschneidungen, da einige Patient*innen kombinierte Verletzungen hatten. Die Häufigkeiten der jeweiligen Frakturtypen und ihrer Kombinationen sind in folgendem Venn-Diagramm abgebildet.

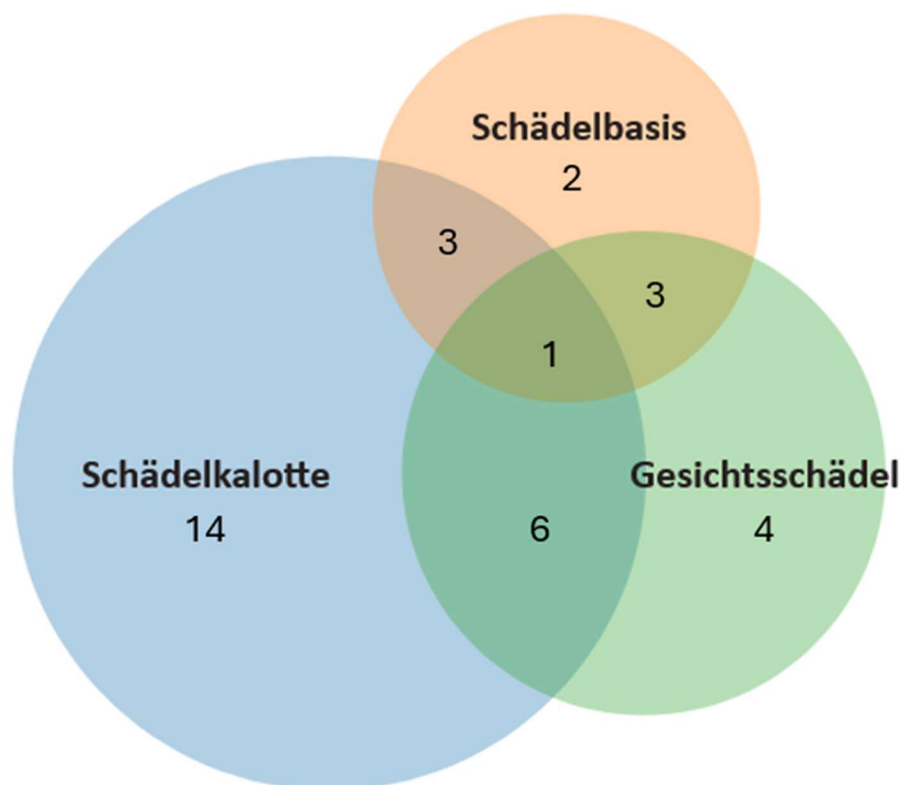


Abbildung 11: Venn-Diagramm der Frakturen

In 38 Fällen (84%) wurde eine intrakranielle Blutung festgestellt, wobei es auch hierbei häufig zu kombinierten Hämorrhagien kam. Insgesamt wurden 10 (22%) Epiduralhämatome (EDH), 19 (42%) Subduralhämatome (SDH), 14 (31%) Subarachnoidalblutungen (SAB) und 20 (44%) intrazerebrale Blutungen (ICB) diagnostiziert. Die Häufigkeiten der jeweiligen Verletzungen und ihrer Kombinationen kann in der folgenden Graphik nachvollzogen werden.

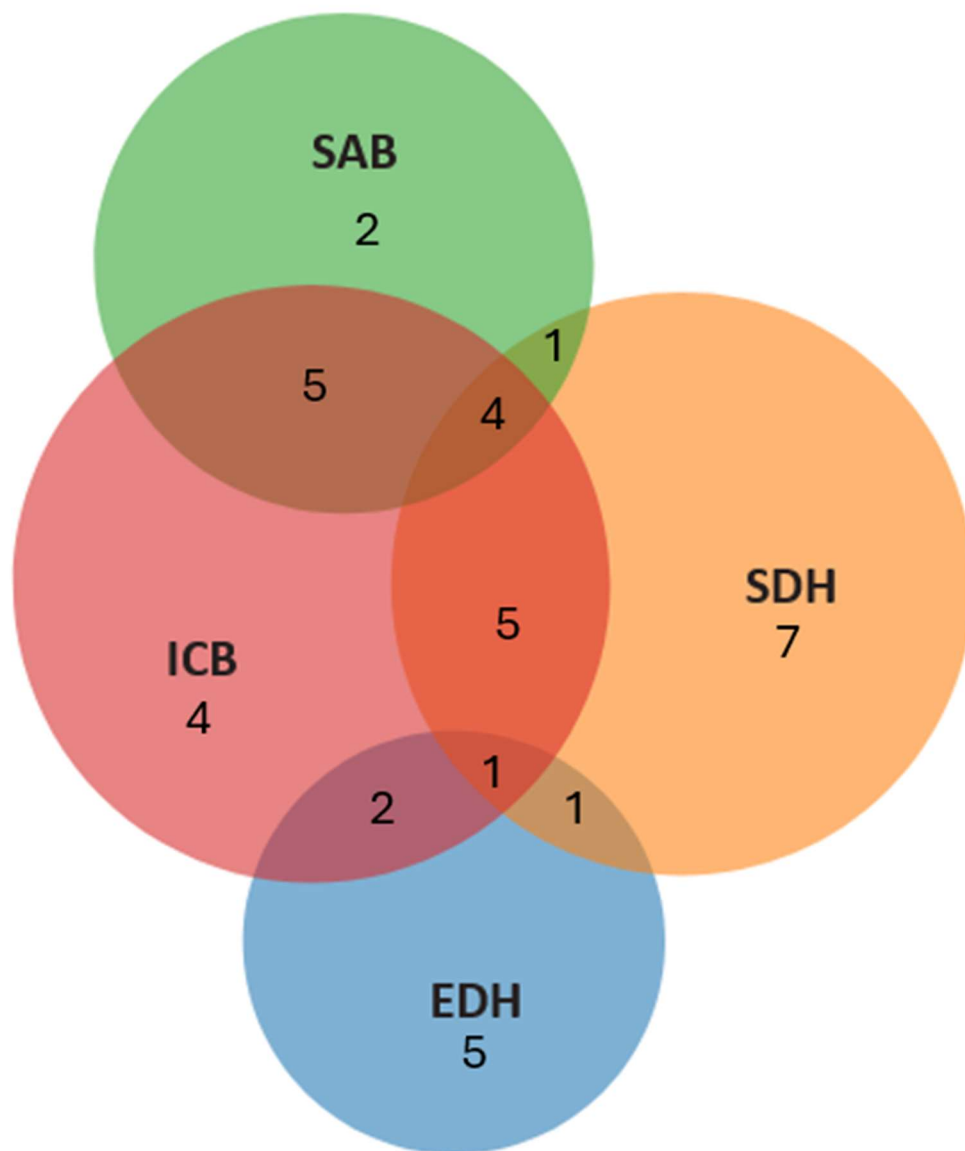


Abbildung 12: Venn-Diagramm der Blutungen

Bei 15 Patient*innen (33%) wurden Begleitverletzungen dokumentiert, wovon 5 (11%) die Diagnose Polytrauma erhielten. Zu den zusätzlichen Diagnosen zählen

Wirbelkörperfrakturen, Rissquetschwunden im Kopf- und Gesichtsbereich, Frakturen großer Röhrenknochen, Serienrippenfrakturen und Verletzungen innerer Thorax- oder Abdominalorgane. Die gesamte Tabelle aller eingeschlossenen Fälle und ihrer jeweiligen diagnostizierten Verletzungen ist im Anhang der Arbeit zu finden.

3.2.5 Durchgeführte Operationen

Alle neurochirurgischen Interventionen, die im Laufe des klinischen Aufenthalts der Patient*innen vorgenommen wurden, wurden entsprechend der Operationsberichte erhoben, in Kategorien eingeteilt und in einer deskriptiven Auswertung zusammengetragen. Dabei handelt es sich um die Anlage von Hirndruckmesssystemen, wobei zwischen Parenchymsonden und kombinierten Sonden mit Ventrikeldrainagen unterschieden wurde, die Entleerung von intrakraniellen Hämatomen, die Durchführung einer Entlastungskraniektomie und die Rekonstruktion von Knochen- oder Weichteilverletzungen des Schädels. Letztere wurden häufig in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, sowie der Abteilung für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde durchgeführt und wurden im Sinne der Übersichtlichkeit in Hebung einer Impressionsfraktur, Duraplastik und Rekonstruktion von Schädelbasis beziehungsweise Gesichtsschädel unterteilt. Die gesamte Tabelle aller eingeschlossenen Fälle und den dabei jeweils vorgenommenen Operationen ist im Anhang der Arbeit zu finden.

37 der eingeschlossenen Patient*innen (82%) erhielten eine ICP-Sonde, wovon bei 9 (20%) ein kombiniertes System mit einer Ventrikeldrainage verwendet wurde. In 20 Fällen (44%) wurden vorhandene Hämatome entleert und in zwei Fällen eine Entlastungskraniektomie durchgeführt. Die Häufigkeiten der jeweils vorgenommenen Eingriffe sind in folgender Graphik dargestellt.

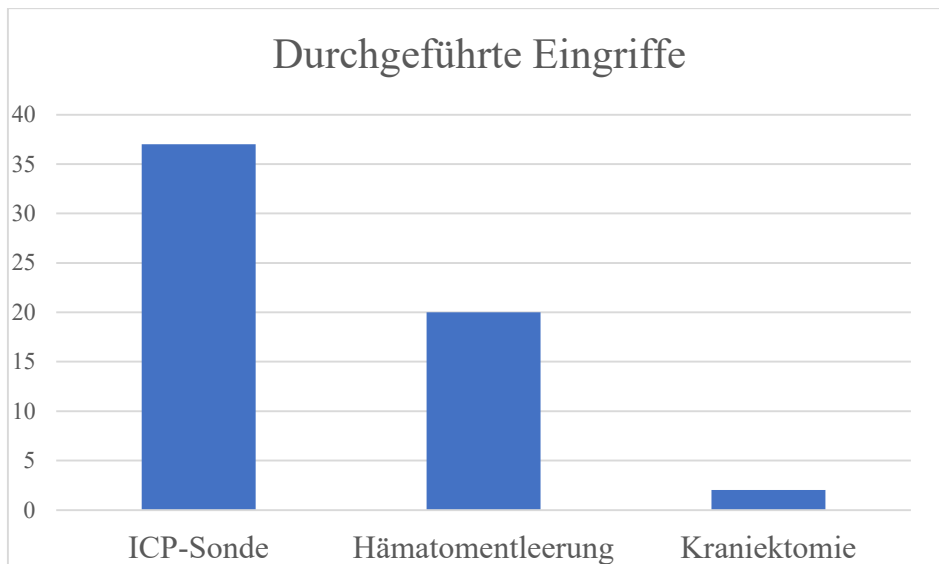


Abbildung 13: Häufigkeit durchgeführter Eingriffe

Bei 14 Patient*innen (31%) wurde eine Form von operativer Rekonstruktion vorgenommen, darunter fallen 5 Adaptionen der Schädelkalotte, 7 Impressionsfrakturhebungen, 8 Duraplastiken, 6 Rekonstruktionen des Gesichtsschädels und eine rekonstruktive Operation der Schädelbasis. Entsprechend der Verletzungskombinationen mussten auch rekonstruktive Eingriffe häufig kombiniert erfolgen. Die Häufigkeitsverteilungen der jeweiligen Operationen können in folgendem Diagramm nachvollzogen werden.

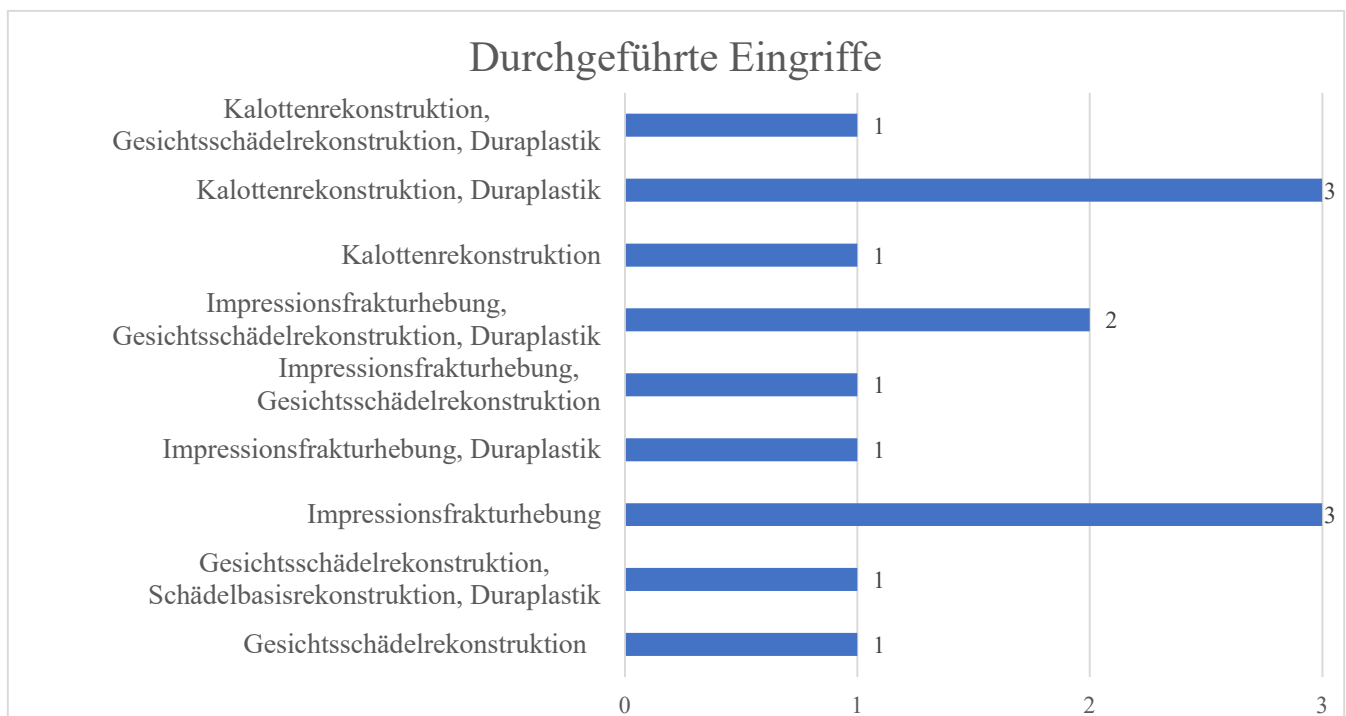


Abbildung 14: Häufigkeit der rekonstruktiven Interventionen

3.2.6 Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivstation

Im Rahmen der klinischen Datenauswertung wurde erhoben, wie viele Tage die Patient*innen auf der neurochirurgischen oder allgemeinen chirurgischen Intensivstation verbrachten. Die stationäre Aufnahme ist dabei in vielen Fällen bereits im Aufnahmebefund ersichtlich, alternativ kann sie aus den OP-Berichten oder den Stationsdekursen abgelesen werden. Als Endpunkte des Aufenthaltes werden sowohl Verlegung auf eine Normalstation, in eine andere Klinik oder Anstalt zur Durchführung einer Reha, als auch das Versterben während des Intensivaufenthaltes gewertet. Die Werte der Liegedauer reichen von einem Tag bis zu 52 Tagen. Der Mittelwert beträgt 20 Tage bei einer Standardabweichung von 12 Tagen, der Median 19 Tage. In folgendem Histogramm ist die Verteilung der Liegedauer graphisch dargestellt.

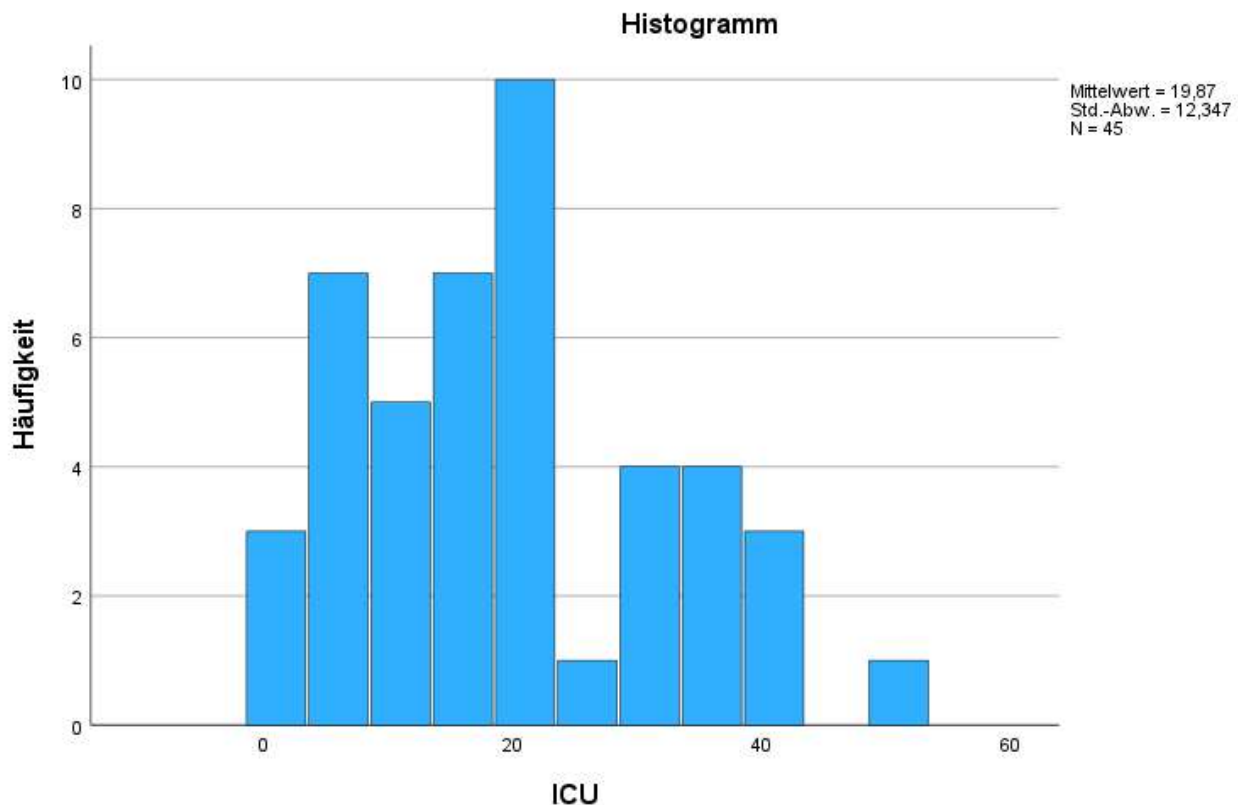


Abbildung 15: Liegedauer ICU in Tagen

3.2.7 Outcome

Das Outcome der Patient*innen ist von besonderem Interesse, um die Folgen eines schweren Schädel-Hirn-Traumas einzuschätzen. Da es sich bei Forstunfällen größtenteils um

Arbeitsunfälle handelt, hat der Behandlungserfolg der Betroffenen auch eine gewisse volkswirtschaftliche Implikation und der Erhalt der Arbeitsfähigkeit wird mit als Teil des Outcomes betrachtet. Entsprechend des Glasgow-Outcome-Scale kann bei einem Wert von 5 von zumindest teilweise erhaltener Erwerbsfähigkeit ausgegangen werden, wobei eine körperlich so fordernde Tätigkeit wie Forstarbeit eventuell nicht mehr möglich sein könnte. Bei einem Wert von 4, der einer mäßigen Behinderung entspricht, kann einem normalen Berufsleben nicht mehr nachgegangen werden, allerdings können die Betroffenen im Verlauf wieder eingeschränkt arbeitsfähig werden. Ab einem Wert von 3 kann keine Erwerbstätigkeit mehr ausgeführt werden. In den vorangehenden Punkten wurde bereits gezeigt, welche Kopfverletzungen nach einem schweren Forstunfall auftreten und welche chirurgischen Interventionen dadurch indiziert werden. Da es aber, wie in Punkt 1.4. erwähnt, schwierig ist, vom primären Verletzungsmuster auf das zu erwartende Outcome zu schließen, ist dessen statistische Auswertung besonders wichtig für die Einschätzung des Risikos von Forstunfällen. Das Outcome der Studienpopulation nach Glasgow-Outcome-Scale wird in nachfolgender Tabelle in absoluten und relativen Häufigkeiten ausgedrückt.

Glasgow Outcome Scale	Häufigkeit	Prozent
1	6	13,3%
2	2	4,4%
3	9	20%
4	19	42,2%
5	9	20%

Tabelle 9: Outcome nach Glasgow Outcome Scale

Das mediane Outcome beträgt 4, bei einem Durchschnitt von 3,51 und einem Modalwert von 4. Diese Häufigkeitsverteilung ist in folgendem Diagramm ersichtlich.

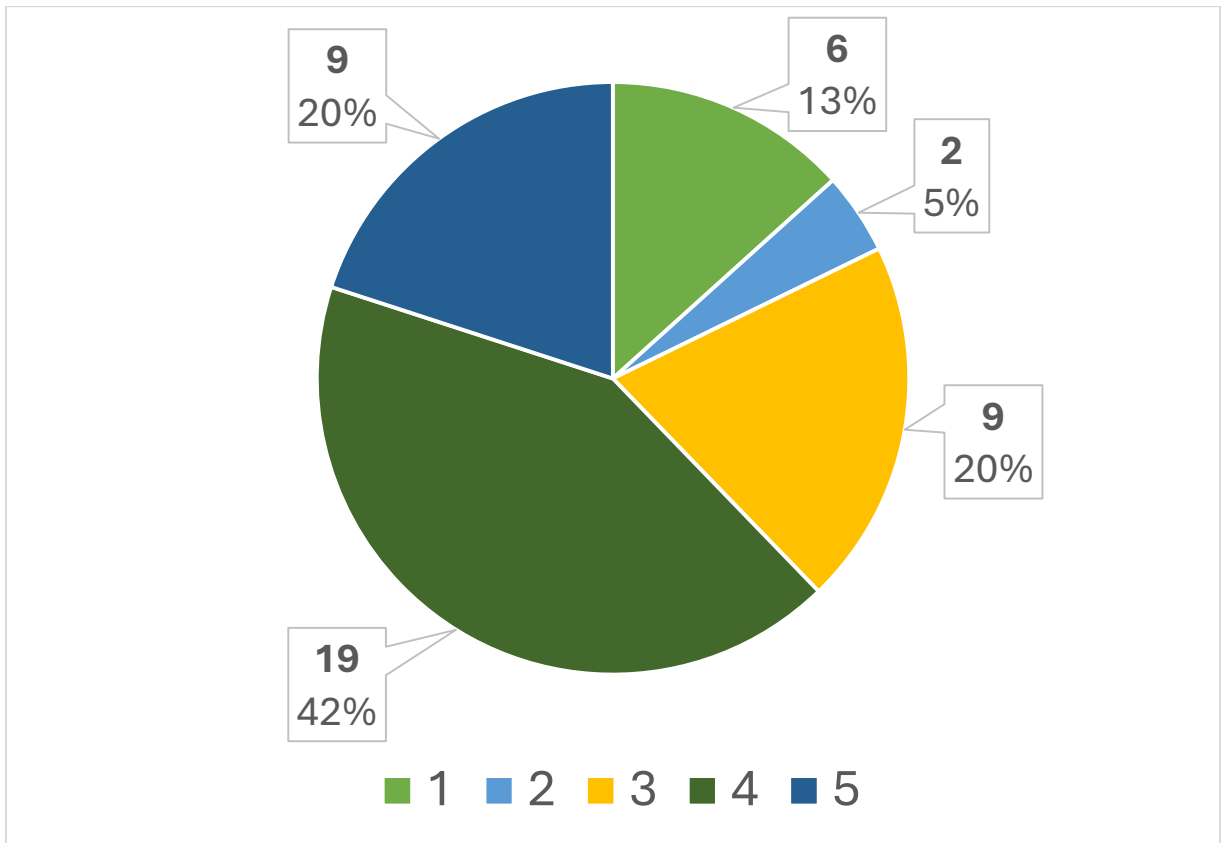


Abbildung 16: Outcome nach GOS

Die Ergebnisse des Outcomes nach Schädel-Hirn-Trauma gemäß des GOS werden in epidemiologischen Studien häufig in drei Gruppen eingeteilt, um einen einfacheren Überblick zu ermöglichen. Dabei werden die Werte 2 und 3 als „schlechtes Outcome“ sowie 4 und 5 als „gutes Outcome“ zusammengefasst (57). Die Ergebnisse, die sich aus dieser Gruppierung ergeben, sind in der folgenden Tabelle abgebildet.

Outcome gruppiert	Häufigkeit	Prozent
Tod (GOS 1)	6	13,3%
Schlechtes Outcome (GOS 2+3)	11	24,4%
Gutes Outcome (GOS 4+5)	28	62,3%

Tabelle 10: Outcome nach GOS gruppiert

Um festzustellen, ob das Alter der Patient*innen zum Unfallzeitpunkt ein prädiktiver Faktor für den Behandlungserfolg des Schädel-Hirn-Traumas ist, wird eine Korrelation dieser zwei

Werte ermittelt. Die These ist, dass ein höheres Alter mit schlechterem Outcome (also niedrigerem GOS-Wert) korreliert. Dazu wird eine Kreuztabelle angefertigt und eine Spearman-Korrelation zwischen den beiden Variablen berechnet. Dabei ergibt sich ein p-Wert von $[p = 0,598]$, was zeigt, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Alter zum Unfallzeitpunkt und klinischem Outcome in dieser Population gibt. Dieser fehlende Zusammenhang ist folgend graphisch dargestellt. Jeder Boxplot entspricht dem Teil der Population mit dem jeweiligen GOS (1-5) und stellt die Verteilung des Alters in Jahren darin dar.

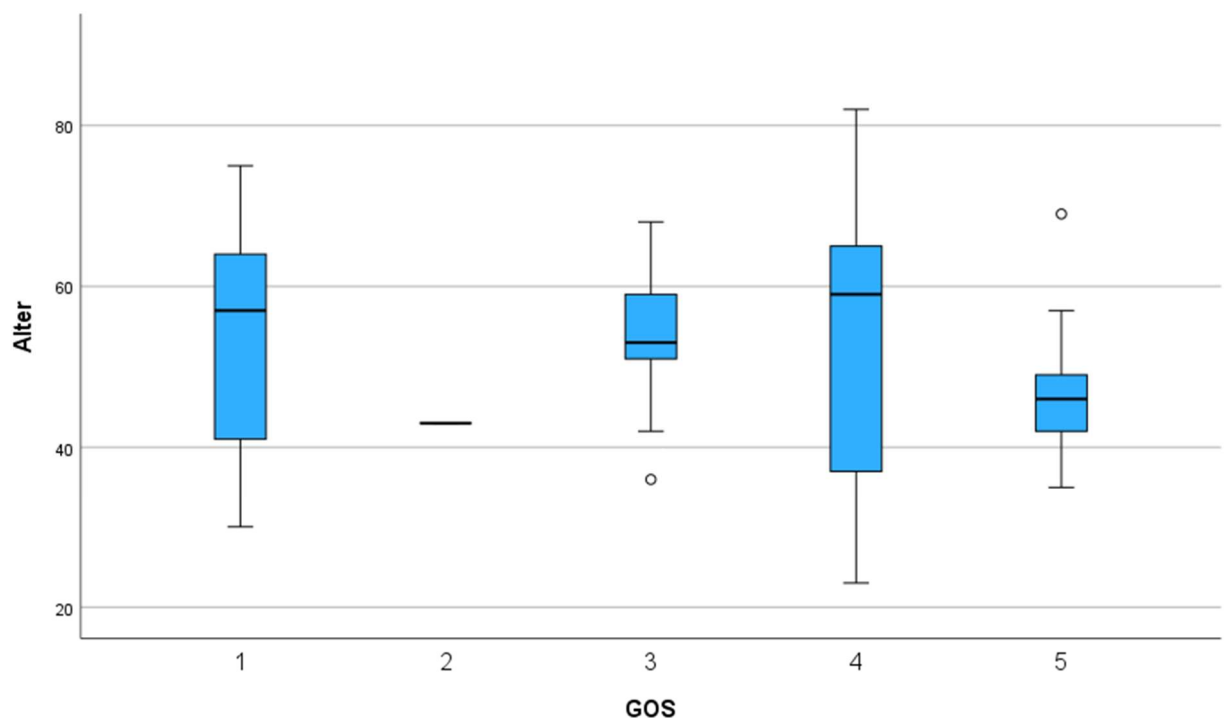


Abbildung 17: Boxplots Alter/GOS

Man erkennt, dass die Altersverteilung über alle fünf Stufen ähnlich ist. Die Boxplots überlappen sich, wobei der Boxplot der GOS-Stufe 2 dabei eine Ausnahme bildet, da nur zwei Fälle dieser Kategorie zuzuordnen sind. Zusätzlich sind die Medianlinien (schwarze Linien) aller Stufen auf ähnlicher Höhe, was für eine gleichmäßige Verteilung spricht. Auf die gruppierten Werte angewendet, zeigt sich die fehlende Korrelation zwischen Alter und Outcome noch deutlicher. Die Spearman-Korrelation zwischen dem Alter und den drei möglichen Outcome-Variablen ergibt einen P-Wert von $[p = 0,649]$.

Auch graphisch ist die gleichmäßige Verteilung des Alters in den Outcome-Kategorien durch die Gruppierung noch eindeutiger erkennbar. Die Boxplots überlappen sich stark und die Medianlinien befinden sich alle zwischen 49 und 57 Jahren. Dementsprechend stellt das Alter zum Unfallzeitpunkt in dieser Population keinen prädiktiven Faktor für das Outcome dar.

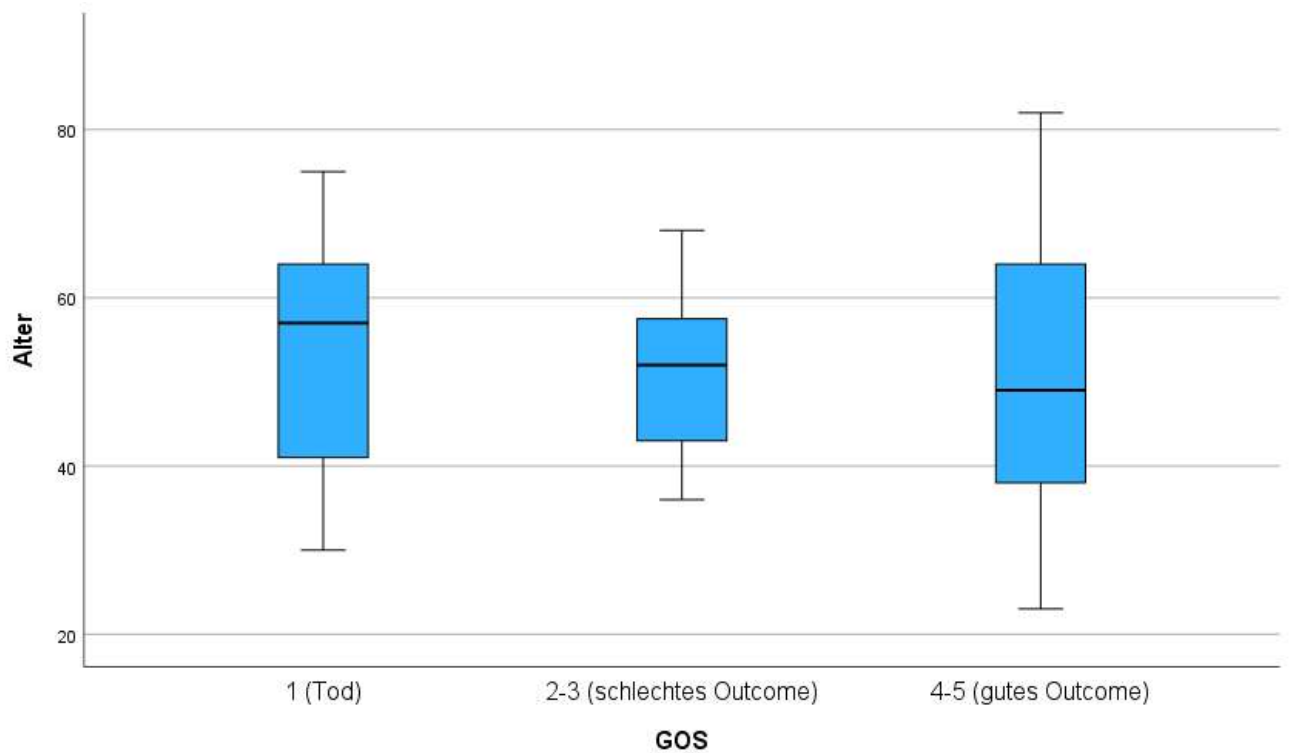


Abbildung 18: Boxplots Alter/GOS gruppiert

4 Diskussion

Ergebnisse der epidemiologischen Auswertungen

Zur Häufigkeit und den Folgen schwerer Schädel-Hirn-Traumata in Verbindung mit Forstunfällen gibt es wenig wissenschaftliche Arbeiten. Innerhalb der zeitlichen und geographischen Eingrenzung dieser Arbeit wurden noch nie epidemiologische oder klinische Daten erhoben und verglichen. Mauritz et al. erhoben 2013 eine Epidemiologie für SHTs in der Gesamtbevölkerung Österreichs, wobei nur grob nach Ursachen unterteilt wurde. Dabei wurde ein Anteil von 2,7% der Gesamtpopulation ermittelt, bei dem ein Arbeitsunfall ursächlich für die Verletzungen war, wobei diese nicht näher unterteilt werden. Auf die in jener Studie ermittelte österreichweite Inzidenz von 303/100.000/Jahr aufgerechnet, würde das einer Fallzahl von etwa 747 SHTs pro Jahr im Rahmen von Arbeitsunfällen in Österreich entsprechen (48). Hier einen Vergleich mit den Ergebnissen dieser Arbeit anzustellen, wäre aufgrund fehlender Daten nicht zielführend möglich.

Die Ergebnisse der epidemiologischen Auswertungen zeigen eine gleichmäßige Verteilung der Unfallzahlen über den gewählten Zeitraum von 15 Jahren, mit Ausnahme des oberen Ausreißers von 55 Fällen im Jahr 2008. Es konnte gezeigt werden, dass es weder eine deutliche Zu- noch Abnahme der Unfallzahlen über die Jahre gibt. Vergleicht man anhand der AUVA-Daten die Gesamtzahl der Unfälle in Österreich mit denen in der Steiermark, erkennt man, dass letztere einen großen Anteil ausmachen. Mit durchschnittlich etwa 25% pro Jahr scheint die Steiermark, die nur etwa 14% der österreichischen Bevölkerung ausmacht, in der Häufigkeit der Forstunfälle überrepräsentiert zu sein (58). Das unterstützt die grundsätzliche These dieser Arbeit, der zufolge sich in der Steiermark durch den hohen Anteil an forstwirtschaftlichen Arbeitsflächen in Hanglagen überdurchschnittlich viele Forstunfälle ereignen. Die demographischen Auswertungen zeigen mit 98% eine starke Mehrheit an männlichen Betroffenen.

Zu den dokumentierten Unfallursachen aus den ÖKAS-Daten ist in erster Linie auffällig, dass bei 38% der Fälle „sonstiges“ als Ursache angeführt wurde. Wie in Punkt 3.1.3. erwähnt, handelt es sich nach Sichtung der jeweiligen Unfallberichte größtenteils um Schnittverletzungen und Einklemmungen. Ansonsten stellen fallende Bäume mit knapp 44% den größten Teil der Verletzungsursachen dar. Die Auswertung der Verletzungsgrade macht deutlich, wie gefährlich Forstunfälle sind. 72,5% der Patient*innen, deren Unfälle von der Alpinpolizei dokumentiert wurden, wurden entweder als „schwer verletzt“ eingestuft oder verstarben an der Unfallstelle. Von den übrigen wurde bei 12,4% eine „Verletzung

unbestimmten Grades“ festgehalten. Nach Sichtung der jeweiligen Unfallberichte handelt es sich bei vielen davon allerdings auch um unbestreitbar schwere Verletzungen, was die tatsächliche Gefahr von Forstunfällen wohl noch gravierender macht, als die Zahlen vermuten lassen.

Die Korrelation zwischen den Verletzungsgraden und dem Tragen eines Helms zum Unfallzeitpunkt fiel wie zu erwarten aus, da ein positiver Effekt eines Schutzhelms in Hinblick auf den Schweregrad der Verletzung eindeutig nachgewiesen werden konnte. Dass es bei den Betroffenen, die einen Helm getragen hatten, dennoch zu vielen schweren Verletzungen und mehreren Todesfällen kam, lässt sich durch die Unfallmechanismen erklären. Da es sich dabei häufig um umfallende Bäume, herabfallende Äste oder Abstürze handelt, kann davon ausgegangen werden, dass die zum Trauma führende Gewalteinwirkung in vielen Fällen zu stark war, um von einem Helm suffizient abgefangen zu werden.

Der Versuch, die Zahl der Betroffenen mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma mittels der verfügbaren klinischen Einschätzungen der Alpinpolizei zu approximieren, stellt sich durch den Vergleich mit den Daten der KAGes als nicht zufriedenstellend heraus. Die Differenz von 12 Fällen lässt sich durch verschiedenen Faktoren erklären. Beispielsweise könnte es sowohl seitens der Alpinpolizei als auch der KAGes zu ungenauen Dokumentationen gekommen sein, die Rettung der verunfallten Personen könnte ohne Mitarbeit der Alpinpolizei erfolgt sein oder die Patient*innen könnten in anderen Bundesländern versorgt worden sein.

Ergebnisse der klinischen Auswertungen

Die Auswertung der Daten des Universitätsklinikums Graz ergab eine Gesamtmenge von 45 Fälle in 17 Jahren. Die Fallzahlen sind gleichmäßig über den Zeitraum verteilt und es zeigt sich kein deutlicher Trend im Sinne einer Zu- oder Abnahme der Fallzahlen. Das Geschlechterverhältnis ist etwas ausgeglichener als das der ÖKAS-Daten und liegt mit 93,33% männlichen zu 6,67% weiblichen Patient*innen näher an der durchschnittlichen Geschlechterverteilung in der österreichischen Forstwirtschaft. Obwohl über 30% der österreichischen Waldbesitzer*innen weiblich sind, beträgt der Anteil der Frauen, die im Forstsektor arbeiten nur rund 8% (59). Die Altersverteilung der Patient*innen ist auffallend breit. Obwohl die Mehrheit im erwerbsfähigen Alter ist, haben acht Patienten zum Unfallzeitpunkt bereits das gesetzliche Pensionsantrittsalter überschritten. Das könnte

darauf zurückzuführen sein, dass selbstständige Landwirt*innen in der Steiermark auch im höheren Alter noch Forstarbeiten auf ihren eigenen Wirtschaftsflächen durchführen.

Die Häufigkeitsverteilung der Transportarten zeigt, dass deutlich mehr Patient*innen die Klinik mit dem Hubschrauber erreichten als bodengebunden. Da es sich bei Forstunfällen um Notfälle handelt, die sich zusätzlich häufig in unwegsamem und schlecht mit Fahrzeugen erreichbarem Gelände ereignen, ist es nachvollziehbar, dass etwa drei Viertel der Patient*innen dem Schockraum mittels Notarzt-Hubschrauber zugeführt wurden.

Die Auswertung der Verletzungsmuster ergibt ein schwierig zu überblickendes Bild. Da es sich bei einem schweren Schädel-Hirn-Trauma um eine klinische Diagnose handelt, die nicht an spezifische Verletzungen bestimmter anatomischer Strukturen gebunden ist, gibt es verschiedene Kombinationen an radiologischen Diagnosen, die bei demselben Krankheitsbild gestellt werden können. Das spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Befundauswertungen wider. Die Darstellung in aufgeteilten Kategorien (Frakturen, Blutungen, Begleitverletzungen) wurde im Sinne der Übersichtlichkeit gewählt, bildet aber eventuell nicht alle Fälle in ihrer ganzen Komplexität ab. Um das zu approximieren, findet sich die vollständige Tabelle aller Fälle und ihrer jeweiligen Diagnosen im Anhang der Arbeit. Auch etwaige Begleitverletzungen wurden nicht zur statistischen Auswertung miteinbezogen, da sich diese auf neurochirurgische Diagnosen fokussiert, sind aber ebenso in der Tabelle im Anhang nachzulesen.

Die durchgeführten chirurgischen Interventionen wurden auch in Kategorien unterteilt, wobei primär zwischen der Implantation einer invasiven Hirndruckmessung, der Entleerung von intrakraniellen Hämatomen und rekonstruktiver chirurgischer Eingriffe im Bereich der Schädelkalotte, der Schädelbasis und des Gesichtsschädels unterschieden wurde. Mit 37 Patient*innen, was 82% entspricht, wurde beim Großteil der eingeschlossenen Fälle eine Hirndrucksonde implantiert. Das entspricht den Erwartungen, da, wie in Punkt 1.1.4. erwähnt, die invasive ICP-Messung bei einem schweren Schädel-Hirn-Trauma empfohlen ist. Die Anzahl an durchgeführten Eingriffen zur Hämatomentleerung ist mit 20 deutlich niedriger als die der diagnostizierten Blutungen, die 38 beträgt. Da es von der räumlichen Ausdehnung der Blutungen, dem betroffenen Abschnitt des Gehirns und der klinischen Symptomatik abhängt, ob sie operativ entleert werden müssen, wurden nicht alle diagnostizierten Hämatome auch chirurgisch behandelt (14, 2). Die rekonstruktiven Eingriffe entsprechen größtenteils den diagnostizierten Verletzungen, wobei in bestimmten Fällen von einer umfassenden Operation abgesehen wurde, wenn die Prognose bereits sehr eingeschränkt war. Begleitverletzungen wurden teilweise im Rahmen der

neurochirurgischen Operation von den jeweiligen anderen Abteilungen mitversorgt um die Belastung der Patient*innen durch wiederholte Narkosen zu vermeiden. Mitunter wurden diese auch im Verlauf durchgeführt, was in den Stationsdekursen der Intensivstationen dokumentiert ist. Größtenteils handelt es sich dabei um orthopädische und unfallchirurgische Eingriffe, sowie HNO-ärztliche, MKG-chirurgische, augenärztliche und thoraxchirurgische Interventionen. Diese wurden nicht in die statistische Auswertung miteinbezogen.

Die Auswertung der Liegedauer auf der Intensivstation ergab breit gestreute Werte. In Réa-Neto et al. (2023) wurde das klinische Outcome von Intensivpatient*innen mit Schädel-Hirn-Trauma mit dem von Personen, die aufgrund von anderen Verletzungen hospitalisiert waren, verglichen. Die Auswertungen für die Liegedauer auf Intensivstation der SHT-Kohorte, in die 1114 Fälle eingeschlossen wurden, ergeben einen Durchschnitt von 10,8 und einen Median von 7 Tagen (60). Im Vergleich dazu ergab die Auswertung dieser Arbeit eine durchschnittliche Liegedauer von 20 und einen Median von 19 Tagen. Vergleicht man das Ergebnis der Mortalität mit Réa-Neto et al. ergibt sich dort ein Wert von 27,6% für die SHT-Gruppe (60), dem gegenüber die 13,3% als Ergebnis dieser Arbeit deutlich geringer ausfallen.

Die Liegedauer mit dem Outcome der Patient*innen in Verbindung zu setzen ist aus mehreren Gründen nicht zielführend. Zum einen bilden besonders kurz liegende Patient*innen häufig die beiden Extreme der Glasgow-Outcome-Scale ab, da sie entweder auf Grund ihres guten Zustandsbildes schnell entlassen werden konnten oder wegen ihres besonders kritischen Verlaufs frühzeitig verstarben. Darüber hinaus war die Liegedauer in einigen Fällen eher durch Folgeerkrankungen und Komplikationen prolongiert als durch die ursprüngliche Verletzung, was durch die Glasgow-Outcome-Scale, die für Schädel-Hirn-Verletzungen spezifisch ist, nicht hinreichend beschrieben werden kann.

Das Outcome der eingeschlossenen Patient*innen ergab einen Median von 4 auf der Glasgow-Outcome-Scale. Bei 20% der Fälle wurde ein GOS von 5 festgestellt, was einem selbstständig bewältigbaren Alltag und einer zumindest teilweise erhaltenen Arbeitsfähigkeit entspricht. 42,2% der Patient*innen erreichen GOS 4, was einer mäßigen Behinderung und einer potenziell erreichbaren eingeschränkten Berufsausübungsfähigkeit entspricht. Daher kann bei etwa zwei Drittel der Fälle davon ausgegangen werden, dass sie irgendwann ihr Leben wieder zu einem gewissen Grad selbstständig führen können. Bei 20% wurde ein GOS von 3 dokumentiert, was einer schweren Behinderung entspricht. Diese Personen brauchen in allen Alltagsbereichen Hilfestellung. Bei 4,4% der Patient*innen wurde ein GOS von 2, was einem vegetativen Zustand entspricht, und bei 13,3% ein GOS

von 1, was dem Versterben entspricht, festgestellt. Damit zeigt sich anhand der Glasgow-Outcome-Scale ein Durchschnitt von 3,5 und ein Median von 4. Allerdings muss man in die Überlegung zum Outcome von Forstunfällen miteinbeziehen, dass ein Anteil der Verunfallten bereits präklinisch verstirbt. Die Auswertung der ÖKAS-Daten ergab einen relativen Anteil von 16,6% Betroffenen, die noch am Unfallort für tot erklärt wurden. Da diese die Klinik nie erreichen, scheinen sie auch in den klinischen Daten nicht auf und führen eventuell zu einem verzerrt positiven Wert des mittleren Behandlungserfolges. Daher sollte man rein anhand dieser Ergebnisse nicht die klinischen Folgen von Forstunfällen unterschätzen.

Limitationen

Eine Limitation der Arbeit ist die fehlende Möglichkeit die drei ausgewerteten Datensätze direkt miteinander zu vergleichen. Dadurch kann das Verhältnis von insgesamt stattgehabten Unfällen in der Steiermark und versorgten Patient*innen im Uniklinikum Graz nur angenähert werden. Zusätzlich sind die fehlenden Daten aus den AUVA-Statistiken als Limitation zu nennen. Im Bereich der klinischen Daten kann die teilweise unpräzise Dokumentation des präklinischen GCS, sowie die mitunter wenig ausführlichen Anamneseinformationen, die zu einigen nicht ganz eindeutig bestimmbareren Fällen geführt haben, genannt werden. Zur Auswertung des klinischen Outcomes kann angeführt werden, dass, wie in Punkt 1.1.5. beschrieben, die Glasgow-Outcome-Scale zunehmend kritisiert wird, da sie nicht alle Aspekte der Folgen eines Schädel-Hirn-Traumas hinreichend darstellt.

Ausblick auf zukünftige Forschung

Die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass Forstunfälle zwar eine seltene Ursache für Schädel-Hirn-Traumata in der Steiermark sind, aber zu schwerwiegenden Verletzungen und langen, komplikationsreichen Krankheitsverläufen führen können. Auf Basis der Ergebnisse können weiterführende Forschungsfragen untersucht werden, wie etwa der Zusammenhang zwischen Forstunfällen und eingesetzten sicherheitstechnischen Maßnahmen, das Verhältnis von Forstunfällen und den daraus folgenden Verletzungen in der Steiermark zu anderen Regionen und Ländern, oder die volkswirtschaftlichen Implikationen von Arbeitsunfällen in der österreichischen Forstwirtschaft.

Verwendete Datensätze

1. Allgemeine Unfallversicherungsanstalt Österreich
2. Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit / BM. I Alpinpolizei
3. Steiermärkische Krankenanstaltengesellschaft m.b.H.

Literaturverzeichnis

1. Menon DK, Schwab K, Wright DW, Maas AI. Position statement: definition of traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91(11):1637–40. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999310006507>.
2. R. Firsching, E. Rickels, U.M. Mauer, O.W. Sakowitz, M. Messing-Jünger. Leitlinie Schädelhirntrauma im Erwachsenenalter: Update 2015; 2015.
3. Maas AIR, Stocchetti N, Bullock R. Moderate and severe traumatic brain injury in adults. *Lancet Neurol* 2008; 7(8):728–41. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474442208701649>.
4. Jain S, Iverson LM. StatPearls: Glasgow Coma Scale 2025. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30020670/>.
5. Mehta R, Chinthapalli K. Glasgow coma scale explained. *BMJ* 2019; 365:11296. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31048343/>.
6. Henne-Bruns D. Chirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2012.
7. Eapen BC, Georgekutty J, Subbarao B, Bavishi S, Cifu DX. Disorders of Consciousness. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America* 2017; 28(2):245–58. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28390511/>.
8. Tang-Schomer MD, Patel AR, Baas PW, Smith DH. Mechanical breaking of microtubules in axons during dynamic stretch injury underlies delayed elasticity, microtubule disassembly, and axon degeneration. *FASEB J* 2010; 24(5):1401–10. Available from: URL: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b56r04b5.han.medunigraz.at/20019243/>.
9. Klingler W. Schädel-Hirn-Trauma: Pathophysiologie und Notfallmanagement. Hoppe K, Klingler W: Schädel-Hirn-Trauma: Pathophysiologie und Notfallmanagement 2021; (3-2021):118–27.
10. Juratli TA, Stephan SE, Stephan AE, Sobottka SB. Akutversorgung des Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma. *Anaesthesist* 2015; 64(2):159–74. Available from: URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00101-014-2337-4>.
11. Mark S. Greenberg. Handbook of Neurosurgery. 8th ed. New York: Thieme Medical Publishers; 2016.

12. Pandor A, Harman S, Goodacre S, Pickering A, Fitzgerald P, Rees A. Diagnostic accuracy of clinical characteristics for identifying CT abnormality after minor brain injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurotrauma* 2012; 29(5):707–18. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10013b56r04b5.han.medunigraz.at/21806474/>.
13. Vos PE, Alekseenko Y, Battistin L, Ehler E, Gerstenbrand F, Muresanu DF et al. Mild traumatic brain injury. *Eur J Neurol* 2012; 19(2):191–8. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22260187/>.
14. Bullock MR, Chesnut R, Ghajar J, Gordon D, Hartl R, Newell DW et al. Surgical management of traumatic parenchymal lesions. *Neurosurgery* 2006; 58(3 Suppl):S25–46; discussion Si–iv. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16540746/>.
15. Maas AI, Dearden M, Teasdale GM, Braakman R, Cohadon F, Iannotti F et al. EBIC-guidelines for management of severe head injury in adults. European Brain Injury Consortium. *Acta Neurochir (Wien)* 1997; 139(4):286–94. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9202767/>.
16. Cooper DJ, Rosenfeld JV, Murray L, Arabi YM, Davies AR, D'Urso P et al. Decompressive craniectomy in diffuse traumatic brain injury. *N Engl J Med* 2011; 364(16):1493–502. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21434843/>.
17. Harary M, Dolmans RGF, Gormley WB. Intracranial Pressure Monitoring-Review and Avenues for Development. *Sensors (Basel)* 2018; 18(2):465. Available from: URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/465>.
18. Bauer DF, Razdan SN, Bartolucci AA, Markert JM. Meta-analysis of hemorrhagic complications from ventriculostomy placement by neurosurgeons. *Neurosurgery* 2011; 69(2):255–60. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21471831/>.
19. Czosnyka M, Pickard JD. Monitoring and interpretation of intracranial pressure. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004; 75(6):813–21. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10013b56r04b5.han.medunigraz.at/15145991/>.
20. Kawoos U, McCarron RM, Auken CR, Chavko M. Advances in Intracranial Pressure Monitoring and Its Significance in Managing Traumatic Brain Injury. *Int J Mol Sci* 2015; 16(12):28979–97. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26690122/>.

21. Prange H, Bitsch A. Neurologische Intensivmedizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2004.
22. Bratton SL, Chestnut RM, Ghajar J, McConnell Hammond FF, Harris OA, Hartl R et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. IX. Cerebral perfusion thresholds. *J Neurotrauma* 2007; 24 Suppl 1:S59-64. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17511547/>.
23. Jaeger M, Schuhmann MU, Soehle M, Meixensberger J. Continuous assessment of cerebrovascular autoregulation after traumatic brain injury using brain tissue oxygen pressure reactivity. *Crit Care Med* 2006; 34(6):1783–8. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16625135/>.
24. Czosnyka M, Czosnyka Z, Smielewski P. Pressure reactivity index: journey through the past 20 years. *Acta Neurochir (Wien)* 2017; 159(11):2063–5. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28849287/>.
25. Sorrentino E, Diedler J, Kasproicz M, Budohoski KP, Haubrich C, Smielewski P et al. Critical thresholds for cerebrovascular reactivity after traumatic brain injury. *Neurocrit Care* 2012; 16(2):258–66. Available from: URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12028-011-9630-8>.
26. Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GWJ, Bell MJ et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery* 2017; 80(1):6–15. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27654000/>.
27. Wakai A, McCabe A, Roberts I, Schierhout G. Mannitol for acute traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2013; 2013(8):CD001049. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23918314/>.
28. Roberts I, Sydenham E. Barbiturates for acute traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 12(12):CD000033. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23235573/>.
29. Chen H, Wu F, Yang P, Shao J, Chen Q, Zheng R. A meta-analysis of the effects of therapeutic hypothermia in adult patients with traumatic brain injury. *Crit Care* 2019; 23(1):396. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31806001/>.

30. Cooper DJ, Nichol AD, Bailey M, Bernard S, Cameron PA, Pili-Floury S et al. Effect of Early Sustained Prophylactic Hypothermia on Neurologic Outcomes Among Patients With Severe Traumatic Brain Injury: The POLAR Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2018; 320(21):2211–20. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30357266/>.
31. Lewis SR, Evans DJ, Butler AR, Schofield-Robinson OJ, Alderson P. Hypothermia for traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 9(9):CD001048. Available from: URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6483736/>.
32. Ratilal BO, Costa J, Pappamikail L, Sampaio C. Antibiotic prophylaxis for preventing meningitis in patients with basilar skull fractures. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; 2015(4):CD004884. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25918919/>.
33. Schierhout G, Roberts I. Antiepileptic drugs for preventing seizures following acute traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2001; (4). Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11687070/>.
34. Matsushima K, Leichtle SW, Wild J, Young K, Chang G, Demetriades D. Anticoagulation therapy in patients with traumatic brain injury: An Eastern Association for the Surgery of Trauma multicenter prospective study. *Surgery* 2021; 169(2):470–6. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32928573/>.
35. Roberts I, Shakur-Still H, Aeron-Thomas A, Beaumont D, Belli A, Brenner A et al. Tranexamic acid to reduce head injury death in people with traumatic brain injury: the CRASH-3 international RCT. *Health Technol Assess* 2021; 25(26):1–76. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33928903/>.
36. Briegel J, Möhnle P, Uhl E. Glukokortikoide in der Neurointensivmedizin - welche Indikationen sind gesichert ? *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie* 2008; 9(2):7–12. Available from: URL: <https://www.kup.at/journals/summary/7149.html>.
37. Roberts I, Yates D, Sandercock P, Farrell B, Wasserberg J, Lomas G et al. Effect of intravenous corticosteroids on death within 14 days in 10008 adults with clinically significant head injury (MRC CRASH trial): randomised placebo-controlled trial. *Lancet* 2004; 364(9442):1321–8. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15474134/>.

38. Robertson CS, Hannay HJ, Yamal J-M, Gopinath S, Goodman JC, Tilley BC et al. Effect of erythropoietin and transfusion threshold on neurological recovery after traumatic brain injury: a randomized clinical trial. *JAMA* 2014; 312(1):36–47. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25058216/>.
39. Skolnick BE, Maas AI, Narayan RK, van der Hoop RG, MacAllister T, Ward JD et al. A clinical trial of progesterone for severe traumatic brain injury. *N Engl J Med* 2014; 371(26):2467–76. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25493978/>.
40. Akins PT, Guppy KH. Sinking skin flaps, paradoxical herniation, and external brain tamponade: a review of decompressive craniectomy management. *Neurocrit Care* 2008; 9(2):269–76. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18064408/>.
41. Sarov M, Guichard J-P, Chibarro S, Guettard E, Godin O, Yelnik A et al. Sinking skin flap syndrome and paradoxical herniation after hemicraniectomy for malignant hemispheric infarction. *Stroke* 2010; 41(3):560–2.
42. Bijlenga P, Zumofen D, Yilmaz H, Creisson E, Tribolet N de. Orthostatic mesodiencephalic dysfunction after decompressive craniectomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2007; 78(4):430–3. Available from: URL: <https://jnnp.bmj.com/content/78/4/430.short>.
43. Schuss P, Vatter H, Marquardt G, Imöhl L, Ulrich CT, Seifert V et al. Cranioplasty after decompressive craniectomy: the effect of timing on postoperative complications. *J Neurotrauma* 2012; 29(6):1090–5. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22201297/>.
44. Tasiou A, Vagkopoulos K, Georgiadis I, Brotis AG, Gatos H, Fountas KN. Cranioplasty optimal timing in cases of decompressive craniectomy after severe head injury: a systematic literature review. *Interdisciplinary Neurosurgery* 2014; 1(4):107–11. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214751914000292>.
45. Mehrhoff F. Empfehlungen zur Neurologischen Rehabilitation von Patienten mit schweren Empfehlungen zur Neurologischen Rehabilitation von Patienten mit schweren und schwersten Hirnschädigungen in den Phasen B und C; 1995. Available from: URL: https://www.bar-frankfurt.de/fileadmin/dateiliste/_publikationen/reha_vereinbarungen/empfehlung/download

ds/empfehlungen_zur_neurologischen_rehabilitation_von_patienten_mit_schweren_und_schwersten_hirnschaedigungen_in_den_phasen_b_und_c.pdf.

46. McMillan T, Wilson L, Ponsford J, Levin H, Teasdale G, Bond M. The Glasgow Outcome Scale - 40 years of application and refinement. *Nat Rev Neurol* 2016; 12(8):477–85. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27418377/>.

47. Kosty JA, Stein SC. Measuring outcome after severe TBI. *Neurol Res* 2013; 35(3):277–84. Available from: URL: <https://pubmed-1ncbi-1nlm-1nih-1gov-10013b56r0538.han.medunigraz.at/23485055/>.

48. Mauritz W, Brazinova A, Majdan M, Leitgeb J. Epidemiology of traumatic brain injury in Austria. *Wien Klin Wochenschr* 2014; 126(1-2):42–52. Available from: URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00508-013-0456-6>.

49. Peeters W, van den Brande R, Polinder S, Brazinova A, Steyerberg EW, Lingsma HF et al. Epidemiology of traumatic brain injury in Europe. *Acta Neurochir (Wien)* 2015; 157(10):1683–96. Available from: URL: <https://link-1springer-1com-10013b56r0546.han.medunigraz.at/article/10.1007/s00701-015-2512-7>.

50. Rossacher T. Forstunfall: 58-Jähriger von Baum erschlagen. <https://www.kleinezeitung.at> 2025 Jan 2 [cited 2025 Jul 15]. Available from: URL: <https://www.kleinezeitung.at/steiermark/oststeier/19221817/forstunfall-58-jaehriger-von-baum-erschlagen>.

51. Rettenegger J. 29 Feuerwehrkräfte rückten zu Forstunfall aus. <https://www.kleinezeitung.at> 2025 Jan 2 [cited 2025 Jul 15]. Available from: URL: <https://www.kleinezeitung.at/steiermark/suedostsued/19219838/29-feuerwehrkraefte-rueckten-zu-forstunfall-aus>.

52. Von Ast getroffen: 59-Jähriger schwer verletzt. <https://www.kleinezeitung.at> 2025 Jan 2 [cited 2025 Jul 15]. Available from: URL: <https://www.kleinezeitung.at/steiermark/19221830/von-ast-getroffen-59-jaehriger-schwer-verletzt>.

53. 66-jähriger Oststeirer wurde von Bloch erfasst. <https://www.kleinezeitung.at> 2025 Jan 16 [cited 2025 Jul 15]. Available from: URL: <https://www.kleinezeitung.at/steiermark/weiz/19259002/vom-bloch-erfasst-66-jaehriger-bei-waldarbeiten-verletzt>.

54. Prettenhofer M. Erneuter Forstunfall: 56-Jähriger schwer am Bein verletzt. <https://www.kleinezeitung.at> 2025 Jan 11 [cited 2025 Jul 15]. Available from: URL: <https://www.kleinezeitung.at/steiermark/oststeier/19244872/erneuter-forstunfall-in-der-oststeiermark-landwirt-am-bein-verletzt>.
55. 27-Jähriger von Baumstamm überrollt, 48-Jähriger von Wipfel getroffen. <https://www.kleinezeitung.at> 2025 Jan 3 [cited 2025 Jul 15]. Available from: URL: <https://www.kleinezeitung.at/steiermark/weiz/19223709/27-jaehriger-von-baumstamm-ueberrollt-48-jaehriger-von-wipfel-getroffen>.
56. APA/RED. Tödliche Forstunfälle: Steiermark als trauriger Spitzenreiter. 5 Minuten 2024 Nov 13 [cited 2025 Jul 15]. Available from: URL: <https://www.5min.at/5202411131251/toedliche-forstunfaelle-steiermark-als-trauriger-spitzenreiter/>.
57. Rosso A, Brazinova A, Janciak I, Wilbacher I, Rusnak M, Mauritz W. Severe traumatic brain injury in Austria II: epidemiology of hospital admissions. *Wien Klin Wochenschr* 2007; 119(1-2):29–34. Available from: URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00508-006-0761-4>.
58. Demographisches Jahrbuch. Wien: Verl. Österr; 2024. Available from: URL: <https://permalink.obvsg.at/AC17343282>.
59. Jäger R. Frauen in der Forstwirtschaft stärken. *Landwirt Media* 2024 Oct 2 [cited 2025 Nov 17]. Available from: URL: <https://landwirt-media.com/frauen-in-der-forstwirtschaft-staerken/>.
60. Réa-Neto Á, Da Silva Júnior ED, Hassler G, Dos Santos VB, Bernardelli RS, Kozesinski-Nakatani AC et al. Epidemiological and clinical characteristics predictive of ICU mortality of patients with traumatic brain injury treated at a trauma referral hospital - a cohort study. *BMC neurology* 2023; 23(1):101. Available from: URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36890473/>.

5 Anhang

Übersichtsdarstellung aller eingeschlossenen KAGes-Fälle

Pat Nr.	Jahr	Geschlecht	Alter	Transportart	Tage ICU	GOS	Frakturen	Blutungen	Begleitverletzungen	Operative Eingriffe
1	2008	männlich	57	Hubschrauber	34	5	Impressionsfraktur, Gesichtsschädel	SAB, ICB		Hebung d. Impressionsfraktur, Gesichtsschädel, Duraplastik
2	2024	männlich	30	Hubschrauber	22	1		EDH		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
3	2016	männlich	69	Hubschrauber	1	5	Schädelkalotte, Gesichtsschädel			Gesichtsschädel, Schädelbasis, Duraplastik
4	2022	männlich	64	Hubschrauber	7	1		SDH, ICB		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
5	2013	männlich	64	Hubschrauber	22	4	Schädelkalotte	SAB, ICB		ICP-Sonde
6	2014	weiblich	60	Hubschrauber	22	4	Schädelkalotte, Schädelbasis	SAB		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
7	2020	männlich	63	Hubschrauber	16	4	Gesichtsschädel	SDH, ICB		ICP-Sonde
8	2008	männlich	44	Hubschrauber	52	3		SDH, ICB		ICP-Sonde, Hämatomentleerung

9	2024	männlich	66	Hubschrauber	14	4	Schädelkalotte	SDH, SAB		ICP-Sonde, Ventrikeldrainage
10	2010	männlich	66	Hubschrauber	23	5	Schädelkalotte	SDH		ICP-Sonde, Hämatomentleerung, Kraniektomie
11	2018	männlich	49	n.b.	6	5	Impressionsfraktur	EDH		Hebung d. Impressionsfraktur, Duraplastik
12	2008	männlich	43	n.b.	20	2		SAB, ICB	Trachealriss, BWK Fraktur, Querschnitt	ICP-Sonde
13	2014	männlich	82	Hubschrauber	13	4		SDH, SAB, ICB		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
14	2009	weiblich	53	Hubschrauber	29	3	Gesichtsschädel	SDH, SAB, ICB	VLCs Gesicht	ICP-Sonde, Ventrikeldrainage
15	2010	männlich	43	Hubschrauber	17	2	Schädelbasis, Gesichtsschädel	SDH, SAB, ICB	C4 Fraktur	ICP-Sonde, Ventrikeldrainage, Hämatomentleerung
16	2012	männlich	52	Hubschrauber	23	5	Impressionsfraktur, Gesichtsschädel	ICB	VLCs Gesicht	Hebung d. Impressionsfraktur, Gesichtsschädel, Duraplastik
17	2011	männlich	46	Hubschrauber	9	5	Schädelbasis, Gesichtsschädel			ICP-Sonde

18	2011	männlich	25	Hubschrauber	36	4	Schädelbasis	SAB, ICB		ICP-Sonde, Ventrikeldrainage
19	2011	männlich	52	Hubschrauber	16	5	Schädelkalotte	EDH, SDH		ICP-Sonde
20	2011	männlich	42	Hubschrauber	36	4		SDH		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
21	2012	männlich	44	Hubschrauber	16	5	Impressionsfraktur			Hebung d. Impressionsfraktur
22	2013	männlich	69	n.b.	7	5		EDH		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
23	2013	weiblich	64	Hubschrauber	20	4		SDH		ICP-Sonde, Hämatomentleerung, Kraniektomie
24	2024	männlich	62	Hubschrauber	12	1	Schädelkalotte	SDH, SAB, ICB		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
25	2018	männlich	68	n.b.	23	3	Impressionsfraktur	SAB, ICB		ICP-Sonde
26	2022	männlich	44	Bodengebunden	19	5		ICB	Atlasfraktur	ICP-Sonde
27	2015	männlich	23	Bodengebunden	13	5	Gesichtsschädel			Gesichtsschädel
28	2016	männlich	59	Hubschrauber	32	3	Impressionsfraktur		VLC, C7 Fraktur	Hebung d. Impressionsfraktur
29	2018	männlich	59	Hubschrauber	31	4	Schädelbasis, Gesichtsschädel			ICP-Sonde, Ventrikeldrainage

30	2018	männlich	51	Hubschrauber	41	3	Schädelkalotte, Schädelbasis, Gesichtsschädel	SAB		Schädelkalotten- und Gesichtsschädelrekonstruktion, Duraplastik
31	2019	männlich	38	Hubschrauber	6	5		SDH, ICB		
32	2020	männlich	35	Hubschrauber	6	5	Impressionsfraktur, Gesichtsschädel			Hebung d. Impressionsfraktur
33	2020	männlich	38	Bodengebunden	22	5		EDH, ICB		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
34	2020	männlich	30	Bodengebunden	34	5	Schädelkalotte	EDH, SAB	Serienrippe	ICP-Sonde, Ventrikeldrainage, Hämatomentleerung
35	2021	männlich	42	Hubschrauber	16	5	Impressionsfraktur	EDH, SDH, SAB	VLC Kopf	Schädelkalottenrekonstruktion, Duraplastik
36	2021	männlich	36	Hubschrauber	32	4	Impressionsfraktur, Gesichtsschädel	EDH		ICP-Sonde, Hämatomentleerung, Schädelkalottenrekonstruktion
37	2024	männlich	33	Hubschrauber	12	5	Impressionsfraktur, Schädelbasis	EDH	C7, Th10, L1 Fraktur	ICP-Sonde, Hämatomentleerung, Schädelkalottenrekonstruktion, Duraplastik

38	2024	männlich	49	Hubschrauber	4	5	Schädelkalotte	EDH, ICB		ICP-Sonde, Hämatomentleerung
39	2020	männlich	61	Hubschrauber	28	5	Schädelkalotte	SDH	Unterarmfraktur	ICP-Sonde, Hämatomentleerung, Schädelkalottenrekonstruktion, Duraplastik
40	2015	männlich	36	Bodengebunden	40	3	Impressionsfraktur, Gesichtsschädel	SDH		ICP-Sonde, Hebung d. Impressionsfraktur, Gesichtsschädelrekonstruktion
41	2008	männlich	75	Hubschrauber	4	1	Schädelkalotte, Schädelbasis	SDH, ICB		
42	2013	männlich	38	Hubschrauber	40	5	Gesichtsschädel	ICB	multiple Wirbelfrakturen	ICP-Sonde, Ventrikeldrainage
43	2008	männlich	41	Hubschrauber	3	1	Impressionsfraktur	SDH	abdominales Trauma	ICP-Sonde, Hämatomentleerung
44	2021	männlich	79	Bodengebunden	14	4		SDH	C5,6,7 Fraktur	
45	2024	männlich	52	Hubschrauber	1	1	Schädelbasis	ICB		