

Diplomarbeit

**Das schwere Schädel-Hirn-Trauma-  
gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede?**

---

eingereicht von

**Benjamin Seebauer**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

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

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Graz**

Abteilung für

**Spezielle Anästhesiologie, Schmerz- und Intensivmedizin**

unter der Anleitung von

Ass. Prof.in Dr.in med. univ. Henrika Voit-Augustin

und

ao. Univ. Prof. Dr. med. univ. Gottfried Fuchs

Graz, am 28. Juni 2015

## **Eidesstattliche Erklärung**

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

Graz, am 28. Juni 2015

Benjamin Seebauer e.h.

## Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei all jenen Personen bedanken, die wesentlich zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Ich bedanke mich ganz besonders bei meiner Hauptbetreuerin Frau Ass. Prof.in Dr.in med. univ. Henrika Voit-Augustin für ihre Mühe, guten Ratschläge und die tatkräftige Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit. Auch meinem Zweitbetreuer Herrn ao. Univ. Prof. Dr. med. univ. Gottfried Fuchs möchte ich für die Unterstützung danken.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, im Besonderen meinen Eltern Brigitte und Ewald, meiner Schwester Julia, meinen vielen Freunden und Wegbegleitern für die Unterstützung und für ihr Verständnis während der letzten sechs Jahre meines Studiums. Ich bedanke mich für eure Geduld und für eure Motivation speziell vor Prüfungen und für das Aushalten mancher meiner Launen. Nur durch euren Rückhalt und Einsatz konnte ich meine Träume verwirklichen. Dafür bin ich euch allen unendlich dankbar!

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	2
Danksagungen .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis .....	6
Zusammenfassung .....	8
Abstract .....	10
1. Einleitung .....	12
2. Einführung in die Thematik.....	15
2.1. Allgemeines .....	15
2.2. Definition.....	15
2.3. Epidemiologie .....	16
2.4. Einteilung.....	16
2.5. Unfallmechanismen .....	19
2.6. Ätiologie.....	20
2.7. Pathophysiologie .....	20
2.7.1. Primäre Hirnschädigung .....	20
2.7.2. Sekundäre Hirnschädigung .....	24
2.8. Diagnose .....	26
2.9. Therapie .....	27
2.10. Prognose .....	29
3. Material und Methoden.....	30
3.1. Studiendesign .....	30
3.2. Datenschutz und Nutzen-Risiko Evaluierung.....	30
3.3. Ein- und Ausschlusskriterien .....	31

3.4. Erhobene Daten.....	31
3.5. Statistische Auswertung .....	33
4. Ergebnisse .....	34
4.1. Allgemeines .....	34
4.2. Alter zum Unfallzeitpunkt.....	34
4.3. Ätiologie.....	37
4.4. Alter zum Unfallzeitpunkt und Ätiologie .....	39
4.5. Diagnose .....	42
4.5.1. Hauptdiagnose.....	42
4.5.2. Haupt- und Zweitdiagnosen.....	45
4.6. Dauer der Behandlung.....	47
4.7. Gesundheitszustand bei Entlassung.....	49
4.8. Zeitpunkt des Unfalls .....	50
4.9. Einlieferungsart.....	52
4.10. Transferziele .....	54
4.11. Glasgow Coma Scale am Unfallort.....	56
4.12. Glasgow Coma Scale beim Eintreffen im Krankenhaus .....	58
4.13. Zusatzverletzungen .....	60
5. Diskussion.....	63
Literaturverzeichnis .....	67

## Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Geschlechtsunterschied

Abbildung 2: Alter bei Behandlung

Abbildung 3: Alter der Männer

Abbildung 4: Alter der Frauen

Abbildung 5: Ätiologie

Abbildung 6: Geschlechtsunterschied und Ätiologie

Abbildung 7: Alter und Ätiologie

Abbildung 8: Geschlechtsunterschied beim Alter zum Unfallzeitpunkt und Ätiologie

Abbildung 9: Hauptdiagnose

Abbildung 10: Geschlechtsunterschied bei Hauptdiagnosen

Abbildung 11: Haupt- und Zweitdiagnosen

Abbildung 12: Geschlechtsunterschied bei Haupt- und Zweitdiagnosen

Abbildung 13: Behandlungsdauer

Abbildung 14: Gesundheitszustand bei Entlassung

Abbildung 15: Monat zum Unfallzeitpunkt

Abbildung 16: Jahreszeit zum Unfallzeitpunkt

Abbildung 17: Geschlechtsunterschied und Jahreszeit zum Unfallzeitpunkt

Abbildung 18: Einlieferungsart

Abbildung 19: Geschlechtsunterschied und Einlieferungsart

Abbildung 20: Transferziele

Abbildung 21: Geschlechtsunterschied und Transferziele

Abbildung 22: GCS am Unfallort

Abbildung 23: Geschlechtsunterschied und GCS am Unfallort

Abbildung 24: GCS beim Eintreffen im Krankenhaus

Abbildung 25: Geschlechtsunterschied und GCS beim Eintreffen im Krankenhaus

Abbildung 26: Zusatzverletzungen

Abbildung 27: Geschlechtsunterschied und Zusatzverletzungen

# Zusammenfassung

## Einleitung

In der modernen Gesellschaft spielen die geschlechtsspezifischen Unterschiede eine immer größer werdende Rolle. In der Medizin wurde dieses Thema erst in den letzten Jahrzehnten zunehmend Gegenstand wissenschaftlicher Arbeiten. Gerade in der Anästhesie gibt es zahlreiche Beispiele hinsichtlich der geschlechtsspezifischen Unterschiede und deren vielfältigen Bedeutung für die klinische Tätigkeit und die wissenschaftliche Forschung. In dieser Arbeit wird die Frage diskutiert, ob auch beim schweren Schädel-Hirn-Trauma signifikante Unterschiede zwischen Frauen und Männern gefunden werden können.

## Methoden

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Datenanalyse. Anhand der elektronischen Krankenakte der KAGes wurden die Daten von allen Patientinnen und Patienten erhoben, die im Zeitraum zwischen 1.1.2005 bis 15.11.2013 mit einem schweren Schädel-Hirn-Trauma auf der neurochirurgischen Intensivstation behandelt wurden. Ein Mindestalter wurde mit 18 Jahren und das Höchstalter mit 75 Jahren festgelegt. Nach der Durchsicht von 950 elektronischen Patientenakten wurden 479 Patientinnen und Patienten in die Studie eingeschlossen. Es wurden verschiedenste Parameter wie zum Beispiel das Geschlecht, Alter, Ätiologie des Traumas, Dauer der Behandlung, Diagnose oder Zusatzverletzungen erhoben. Die Daten wurden mittels statistischen Verfahren ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde mit  $\alpha=0.05$  festgelegt.

## Ergebnisse

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit des Auftretens eines schweren Schädel-Hirn-Traumas zwischen Frauen und Männern, denn in der Stichprobe waren 79,5 % der Patienten männlich. Das Durchschnittsalter war bei

Frauen zum Unfallzeitpunkt um durchschnittlich 5,1 Jahre höher als bei Männern. Hinsichtlich eines Unterschiedes in der Ätiologie des schweren Schädel-Hirn-Traumas wurden ebenfalls geschlechtsspezifische Unterschiede gefunden. In der Untersuchung der Hauptdiagnosen zeigte sich auch ein signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern.

## Diskussion

Wie schon in anderen Studien gezeigt, lassen sich Unterschiede hinsichtlich mehrerer Parameter auch statistisch nachweisen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass vor allem beim Alter, der Ätiologie und bei der Diagnose geschlechtsspezifische Unterschiede nachgewiesen werden konnten. Diese Erkenntnisse decken sich im Wesentlichen mit den schon bekannten Vergleichsstudien. Diese Ergebnisse könnten in Zusammenschau mit anderen Erkenntnissen der modernen Gendermedizin hinsichtlich einer geschlechterspezifischen Behandlung wertvoll sein. Bei der Erstellung von zukünftigen Guidelines für die unterschiedliche Versorgung von Frauen und Männern mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma können diese Erkenntnisse mit einfließen und so für zukünftige Behandlungsstrategien und Behandlungsabläufe von Bedeutung sein.

## **Abstract**

### **Aim of the study**

In our modern society the gender-related differences become more and more important. Over the last few decades this topic increasingly gained interest in scientific papers. Especially in anaesthesia there are numerous examples for gender-specific differences and their multifaceted importance for clinical practice and scientific research. The aim of this study was to assess whether there is a significant difference between male and female regarding severe traumatic brain injury (TBI).

### **Method**

Patient data was collected with the help of the KAGes electronic medical records in the space of time from 01.01.2005 to 15.11.2013, regarding patients with severe traumatic brain injury treated in intensive care units and then analysed retrospectively. The study inclusion criteria were minimum age 18 years and limiting age 75 years. Going through 950 electronic medical records, 479 patients were comprised. Data on sex, age, trauma aetiology, length of intensive care unit stay, diagnosis and associated injuries were collected. Data was evaluated statistically and the level of significance was defined  $\alpha=0.05$ .

### **Results**

Our study showed a significantly higher incidence of severe traumatic brain injury in male (79,5%) than in female patients. The female mean age was  $\pm 5,1$  years higher than the male mean age at the time of the accident. In terms of the aetiology of severe traumatic brain injury we found gender-related differences. The analysis of the principal diagnosis displayed a significant difference between male and female.

## Conclusion

Not only our study but also other studies statistically verified the difference regarding several parameters. Roughly speaking we found gender-related differences especially in matters of age, aetiology and diagnosis. Our findings largely correspond with the findings from similar studies. Our findings, together with other gender medicine findings could be of great value concerning gender-related treatment. These findings could be essential for developing future gender-related guidelines for severe traumatic brain injury and become a matter of special importance in future treatment strategies and treatment plans.

# 1. Einleitung

In der modernen Gesellschaft spielen die geschlechtsspezifischen Unterschiede zwischen Frauen und Männern eine immer größer werdende Rolle. Neben den meist offensichtlichen biologischen und anatomischen Unterschieden stellen auch die ungleichen Verhaltensweisen und die andersartige Psyche einen wesentlichen Ansatzpunkt für die Forschung und die Wissenschaft dar.

Zunehmend werden aber auch kommerzielle Produkte und Artikel speziell für Frauen oder Männer angefertigt und die mediale Werbung daraufhin ausgerichtet.

Obwohl in der Medizin vor allem die physiologischen Unterschiede schon immer eine große Rolle spielten, wurde dieses Thema erst in den letzten Jahrzehnten zunehmend Gegenstand wissenschaftlicher Arbeiten.

Männer wiegen im Durchschnitt um 15 % mehr als Frauen, sind im Schnitt um 15 cm größer und verfügen in Relation zu ihrer Körpergröße um circa 30 % mehr Lungenvolumen. Der Grundumsatz liegt bei Männern um etwa 10 % höher. Frauen weisen im Gegensatz zu Männern niedrigere systolische Blutdruckwerte auf. Dafür haben sie aber mehr Schlagvolumen und einen höheren Ruhepuls.(1)

Auch bei Laborwerten, die im klinischen Alltag durchaus eine große Rolle spielen, gibt es bekannte Unterschiede, wie zum Beispiel die größere Anzahl an Erythrozyten pro Kubikmilliliter Blut und den höheren Hämoglobingehalt im Blut bei Männern. Im Gegensatz dazu haben Frauen eine höhere Anzahl an Leukozyten pro Kubikmilliliter und niedrigere Normalwerte für Kreatinin.(2)

Speziell bei kardiovaskulären Erkrankungen werden die Wichtigkeit der geschlechtsspezifischen Unterschiede und deren Beachtung deutlich. Beim ischämischen Schlaganfall gibt es zum Beispiel wesentliche Aspekte, wie das unterschiedliche Risiko, andersartiges Auftreten von Symptomen und eine differenzierte Behandlung zu beachten. Studien belegten, dass Frauen nicht nur häufiger einen Schlaganfall erleiden und beim Auftreten des Ereignisses älter sind, sondern auch, dass der Schlaganfall an sich schwerwiegendere Folgen aufweist als bei Männern.(3)

Weiters ist belegt, dass Frauen während ihres stationären Aufenthaltes nach einem Schlaganfall seltener eine Lysetherapie erhalten und in Beobachtungsstudien auch das schlechtere Outcome haben.(4, 5)

Gerade in der Anästhesie spielt das Schmerzmanagement und die Schmerztherapie eine große Rolle. Auch auf diesem Gebiet gibt es große Unterschiede zwischen Frauen und Männern. Sowohl bei der Schmerzwahrnehmung, als auch bei der Schmerzverarbeitung und bei Coping Strategien gibt es geschlechtsspezifische Aspekte zu beachten.(6)

Bei der Entstehung des Schmerzgedächtnisses, welches wesentlich mit dem Entstehen des Syndroms eines chronischen Schmerzes in Verbindung gebracht wird, wurden ebenso Unterschiede gefunden wie bei der Prävalenz des chronischen Schmerzsyndroms selbst, denn das Risiko für das Entwickeln eines chronischen Schmerzes ist bei Frauen deutlich höher.(7)

In einer Studie wurde auch die Schmerzwahrnehmung im Gehirn bezogen auf die unterschiedlichen Aktivitäten in kortikalen Regionen untersucht. Es wurde herausgefunden, dass bezüglich der subjektiven Schmerzwahrnehmung bei Frauen andere Gehirnregionen involviert und aktiv sind, als bei Männern.(8)

Für das Durchführen einer adäquaten Analgesie ist das Verständnis der unterschiedlichen Wirkungsweisen von Medikamenten bei Frauen und Männern essentiell.

Frauen haben zum Beispiel physiologischerweise einen höheren Körperfettanteil als Männer.(9) Dies kann sich pharmakologisch bei der Verteilung und Umsetzung von lipophilen Wirkstoffen von Medikamenten auswirken und in Folge dessen, auch einen Einfluss auf die Wirksamkeit und die Wirkdauer des verabreichten Medikamentes haben.(10)

Andere Aspekte bei der Wirkung von Arzneistoffen sind auch die Unterschiede hinsichtlich der Pharmakokinetik und der Pharmakodynamik eines Medikamentes bei Frauen und Männern. Sowohl bei der Absorption, Verteilung, Distribution und bei der Metabolisierung von Wirkstoffen in der Leber und der Niere, als auch beim Membrantransport von endogenen Substanzen in unterschiedlichen Organsystemen wie Leber, Niere, Darm und Gehirn, bei der Plasmaproteinaktivität und bei der Aktivität des Zytochrom P450 sind geschlechtsspezifische

Unterschiede in verschiedenen Studien bereits eindeutig und nachvollziehbar belegt worden.(11-13)

Wie bis jetzt aufgezeigt gibt es zahlreiche Beispiele hinsichtlich der geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Medizin und deren vielfältigen Bedeutung für die klinische Tätigkeit und die wissenschaftliche Forschung. In dieser Arbeit wird die Frage diskutiert, ob auch beim schweren Schädel-Hirn-Trauma signifikante Unterschiede zwischen Frauen und Männern gefunden werden können.

## 2. Einführung in die Thematik

### 2.1. Allgemeines

Das Schädel-Hirn-Trauma stellt für die moderne Medizin auch heutzutage eine große Herausforderung dar und ist trotz massiver medizinischer Anstrengungen und enormen Aufwand in der Versorgung noch immer die häufigste Todesursache von jungen Menschen im Alter unter 45 Jahren. Etwa 40 % aller Todesfälle nach Unfällen haben eine Schädel-Hirn-Verletzung als Ursache.(14-16)

Diese Verletzung stellt außerdem einen der häufigsten Gründe für eine dauerhafte Invalidität nach einem Unfall dar und ist daher auch ein großes sozioökonomisches Problem in der industrialisierten Welt. Durch die Verletzung kommt es nicht nur zu enormen Kosten im Gesundheitsbereich und einem großen Schaden für die Wirtschaft, sondern auch zu wesentlichen Einflüssen auf das Leben der Betroffenen, deren Familie, Freunde und der Gesellschaft selbst.(15, 17) Laut dem Bundesministerium für Gesundheit erleiden in Österreich circa 2000 Personen jährlich ein schweres Schädel-Hirn-Trauma.(18)

### 2.2. Definition

Das Schädel-Hirn-Trauma wird definiert als eine strukturelle Schädigung des Schädels und/oder des Gehirns mit oder ohne nachweisbarer temporärer oder permanenter Störung Hirnfunktionen durch äußere Gewalteinwirkung. Darunter fallen Störungen von kognitiver, neurologischer oder psychosozialer Funktionen.(19) Diese Veränderung der Hirnfunktion inkludiert folgende klinische Symptome: Bewusstseinsintrübung oder Bewusstlosigkeit, retrograde oder posttraumatische Amnesie, neurologische Defizite und jegliche Art einer Denkstörung wie Verwirrtheit, Desorientiertheit oder verlangsamtes Denken. Die Ursache von außen kann Folgendes beinhalten: Schlag auf den Kopf, Getroffen werden des Kopfes von einem Objekt, Schädigung durch Akzelerations- und Dezelerationsbewegungen, Penetrationsverletzungen, Explosionsverletzungen sowie andere Mechanismen.(20)

## 2.3. Epidemiologie

Das Schädel-Hirn-Trauma ist immer noch die Haupttodesursache bei der Personengruppe unter 45 Jahren. In Österreich liegt die Inzidenz laut aktuellen Studienergebnissen, die auf Basis der Daten von Statistik Austria erstellt wurden, bei 303/100.000 Einwohnern pro Jahr. Die Letalität wird mit 3,6 % und die Mortalität mit 11/100.000 Einwohnern pro Jahr angegeben. In absoluten Zahlen ergibt das circa 2000 Fälle von schweren Schädel-Hirn-Traumen pro Jahr in Österreich. Diese Zahlen spiegeln im Wesentlichen auch die Ergebnisse der meisten anderen europäischen Länder wieder.(18, 21)

## 2.4. Einteilung

Zur Beurteilung eines Schädel-Hirn-Traumas wird meist der international anerkannte Glasgow Coma Scale (=GCS) herangezogen. 1973 stellten die Autoren Teasdale und Jennett von der Glasgow University, Department of Neurosurgery Institute of Neurologic Science, den GCS als leicht anzuwendendes Instrument zur reproduzierbaren Einstufung und Überwachung von verschiedenen Stadien einer Bewusstseinsstörung in der Literatur vor. Der Score umfasst 3-15 Punkte, wobei 3 Punkte das Minimum und 15 Punkte das Maximum darstellen. Geprüft werden drei Qualitäten mit unterschiedlicher Wertigkeit auf verschiedene Stimuli. Die drei Komponenten sind das Augenöffnen als Zeichen einer Reaktion des Hirnstamms, die motorische Antwort als Integrität des Bewegungssystems, dass sich von der Hirnrinde bis in das spinale System zieht und die verbale Leistung als Zeichen für die Integrierung des Hirnstammes und den höheren kortikalen Zentren. Es werden Punkte für jede einzelne Komponente vergeben und dann addiert.(19, 22, 23)

### okuläre Antwort:

4 Punkte: Spontanes Augenöffnen

3 Punkte: Augenöffnen auf Ansprache

2 Punkte: Augenöffnen auf Schmerzreiz

1 Punkt: Kein Augenöffnen auf Schmerzreiz

motorische Reaktion:

6 Punkte: Ausführen von gezielten Bewegungen nach Aufforderung

5 Punkte: Gezielte Abwehr eines Schmerzes und Lokalisieren des Schmerzreizes

4 Punkte: Ungezielte Abwehr eines Schmerzes ohne diesen lokalisieren zu können

3 Punkte: Beugemechanismen: Der Schmerzreiz löst ein ungezieltes und krampfartiges Beugen der Extremitäten aus.

2 Punkte: Streckmechanismen: Der Patient reagiert mit Strecksynergismen auf Schmerzreize.

1 Punkt: Keine Reaktion: Keine motorische Reaktion

verbale Antwort:

5 Punkte: Orientiert: Es werden sinnvolle Sätze gesprochen und der Patient ist in allen Qualitäten orientiert (zur Person, örtlich, zeitlich und situativ).

4 Punkte: Verwirrt: Ganze Sätze können gesprochen werden, es bestehen jedoch Zeichen einer Desorientiertheit.

3 Punkte: Inadäquat: Es werden verständliche Wörter gesprochen, die aber keinen Sinn machen oder zusammenhangslos sind.

2 Punkte: Unverständliche Laute: Eine Stimulation wird durch Laute, Stöhnen oder Brummen beantwortet.

1 Punkt: Keine Antwort auf verbale Ansprache und Schmerzstimulation.

Einerseits ist zu beachten, dass immer die jeweils beste Reaktion gewertet wird und andererseits, dass pathologische Bewegungsmuster (wie zum Beispiel ein Greifreflex) nicht als Reaktion gewertet werden. Der GCS-Wert sollte so bald wie möglich nach dem Schädel-Hirn-Trauma erhoben und zur Verlaufskontrolle regelmäßig wiederholt angewandt werden. Der initiale GCS-Wert am Unfallort kann für die Triage von Patientinnen und Patienten herangezogen werden. (19, 22)

Die Einteilung des Schädel-Hirn-Traumas mittels GCS erfolgt in 3 Kategorien:

#### leichtes Schädel-Hirn-Trauma

Der GCS liegt zwischen 13 und 15 Punkten. Es besteht möglicherweise ein kurzer Bewusstseinsverlust. Die Prognose ist sehr gut und die Mortalitätsrate liegt unter 1 %.

#### mittelschweres Schädel-Hirn-Trauma

Der GCS liegt zwischen 9 und 12 Punkten. Es zeigt sich eine Verwirrtheit, ein fokales neurologisches Defizit ist möglich, aber einfache Befehle werden ausgeführt. Es besteht die Gefahr einer neurologischen Verschlechterung in ca. 10-20 % der Fälle. Die Mortalitätsrate ist unter 5 %.

#### schweres Schädel-Hirn-Trauma

Der GCS liegt zwischen 3 und 8 Punkten. Es werden keine Befehle ausgeführt, die meisten Überlebenden behalten Folgeschäden, ein erhöhter intrakranieller Druck ist oft die Ursache einer bleibender Behinderung oder des Todeseintritts. Die Mortalitätsrate liegt bei über 40 %.

Einteilung modifiziert nach Peitzmann et al. (2002).(24)

#### Kritikpunkte am Glasgow Coma Scale:

Zum einen ist der prognostische Faktor beim GCS nach einem Schädel-Hirn-Trauma nicht zuverlässig bestimmbar und der Wert korreliert nicht mit dem endgültigem Outcome, da wesentliche Punkte, wie Unfallmechanismus, Verletzungsmuster und das Alter der Patientinnen und Patienten nicht miteinfließen. Zum anderen berücksichtigt der GCS nicht alle Parameter, die zur Einschätzung der Gehirnfunktionen herangezogen werden können. Dazu gehören zum Beispiel die Pupillenreaktion und die reflektorischen Bewegungen des Augapfels. Weiters wird der GCS-Wert stark durch Analgosedierung oder durch Einfluss von Drogen oder Alkohol verfälscht. Zudem erlaubt der GCS auch keine definitive Unterscheidung zwischen Koma und Nicht-Koma, wobei sich 90 % aller Patientinnen und Patienten mit einem GCS unter 9 in einem komatösen Zustand befinden. (22, 25)

Neben dieser Einteilung wird auch noch nach dem zeitlichen Verlauf und Dauer einer Bewusstseinsstörung beim Schädel-Hirn-Trauma unterschieden:

#### Commotio cerebri:

Als Commotio cerebri bezeichnet man eine Gehirnerschütterung bei der eine Bewusstlosigkeit von wenigen Sekunden bis einigen Minuten besteht. Typische klinische Symptome sind beispielsweise Schwindel, Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und eventuell retrograde oder anterograde Amnesie.

#### Contusio cerebri:

Bei der Contusio cerebri (Gehirnprellung) besteht eine Bewusstseinsstörung bis zu 24 Stunden mit einer retrograden oder anterograden Amnesie, neurologischem Defizit und nachweisbaren intrazerebralen Gewebeschädigungen.

#### Compressio cerebri:

Besteht die Bewusstlosigkeit über 24 Stunden und bestehen eventuell Streckkrämpfe oder schwere Hirnverletzungen mit einem posttraumatischen Hirnödem spricht man von einer Compressio cerebri (Gehirnquetschung).(19)

## 2.5. Unfallmechanismen

Es werden stumpfe und penetrierende Verletzungen unterschieden.

Die meisten Schädel-Hirn-Traumen haben, zumindest in Mitteleuropa, eine stumpfe Verletzung als Ursache. Diese Verletzungen entstehen, wenn ein bewegtes Objekt auf den Kopf trifft oder wenn der bewegte Kopf auf ein ruhendes Objekt trifft. Hierbei kommt es zum raschen Abbremsen (Dezeleration) oder Beschleunigen (Akzeleration) des Kopfes mit oder ohne Rotationskomponente. Die Folgen sind meist diffuse Hirnschädigungen und Blutungen durch Scherkräfte. Besonders exponiert für solche Verletzungen sind Hirnregionen an Übergangszonen unterschiedlicher Dichte und an Stellen, an denen das Gehirn auf freie Enden der Falx cerebri, des Tentoriums, der Keilbeinflügel oder auf den knöchernen Schädel auf der gegenüberliegenden Seite der Gewalteinwirkung trifft. Dieser Mechanismus wird als Contrecoup bezeichnet.(19)

Penetrierende Verletzungen sind deutlich seltener und führen meist zu einer lokalen Hirnverletzung. Wichtig ist, dass auch beim Fehlen von äußeren Verletzungszeichen schwere intrazerebrale Schäden vorliegen können. Bei einer Verletzung der Kopfhaut oder einer Fraktur des knöchernen Schädels muss auch auf eine mögliche tiefe Verletzung geachtet werden.(19)

## 2.6. Ätiologie

Laut einer österreichischen Studie erfolgen die meisten Unfälle mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma auf der Straße (50%), zu Hause (44%), in freier Natur (10%) und am Arbeitsplatz (7%). Die häufigsten Ursachen sind der Verkehrsunfall (44%), Sturz unter 3 Meter (30%), Fall über 3 Meter (11%) und der Sportunfall (5%). Bei Verkehrsunfällen sind Autolenker und Beifahrer am häufigsten (45%) betroffen, gefolgt von Fußgängern (20%), Motorradfahrern (19%) und Radfahrern (16%).(26)

## 2.7. Pathophysiologie

Das Wissen um die pathophysiologischen Abläufe nach einem Schädel-Hirn-Trauma ist essentiell für die Planung der Therapie und für das Setzen der richtigen Untersuchungs- und Behandlungsschritte. Man unterscheidet eine primäre und eine sekundäre Hirnschädigung.

### **2.7.1. Primäre Hirnschädigung**

Die primäre Hirnschädigung entsteht durch direkt einwirkende Kräfte auf den Kopf mit einer Translations- und/oder Rotationsbewegung des Gehirns gegenüber der Schädelkalotte bzw. der Dura oder der direkten Verletzung durch ein penetrierendes Objekt (zum Beispiel bei Schussverletzungen) oder durch Druckwellen, beispielsweise bei einer Explosion. Bei einer Translationsbewegung kommt es zu herdförmigen Verletzungen und Kontusionen, meist an der Unterfläche des Frontal- und Temporallappens. Werden zusätzlich Blutgefäße verletzt kommt es zum Einbluten in diese Kontusionsareale. Diffuse Verletzungen des Gehirns entstehen bei Rotationsbewegungen, weil sich das Gehirn aufgrund

seiner weicheren Konsistenz verformt und dann laceriert. Diese genannten Verletzungen entstehen unmittelbar zum Unfallzeitpunkt und sind erheblich von der Richtung, der Stärke und der Zeit der Krafteinwirkung abhängig.(16, 19, 27, 28)

#### ➤ Diffuse axonale Schädigung

Vor allem bei schweren Traumen, zum Beispiel im Hochgeschwindigkeitsbereich, kommt es zu einer so genannten diffusen axonalen Schädigung, bei der die primäre Krafteinwirkung die Membranen der Axone durch Zerreißen oder Überdehnung der Nervenfasern schädigt. Durch eine Ionenverschiebung und durch vermehrten Kalziumeinstrom in die Nervenzelle wird eine vermehrte Depolarisation ausgelöst. In weiterer Folge kommt zu einer Überleitungsstörung im neuronalen Netzwerk und damit zu Funktionsausfällen des Gehirns. Charakteristisch ist eine primäre tiefe Bewusstlosigkeit, die nicht durch eine Kompression bedingt ist. Oft liegen Zeichen einer Mittelhirnschädigung in Form von Beuge- und Strecksynergismen vor. In der Computertomographie des Schädels zeigen sich im Gegensatz zum dramatischen klinischen Befund häufig nur punktförmige Blutungen im Bereich des Corpus callosum, in den Basalganglien und im Hirnstamm die mit peri- oder intraventrikulären Blutungen verbunden sein können. Der Hirndruck beim diffusen axonalen Trauma ist nur in 10-15% der Fälle erhöht und das Outcome ist oft schlecht.(16, 27-29)

#### ➤ Intrakranielle Hämatoome

Zu den primären Traumafolgen zählen auch die intrakraniellen Hämatoome, also Blutungen in die Schädelkapsel und in die Hirnsubstanz, welche 30 % der Patientinnen und Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma entwickeln und lebensbedrohlich sein können. Unterschieden werden hierbei epidurale, subdurale, subarachnoidale und intrazerebrale Blutungen. Klinisch auffällig sind meist sich entwickelnde fokale neurologische Symptome, wie Hemiparese oder Pupillenstörungen wie beispielsweise eine Anisokorie oder eine Lichtstarre. Diese

Zeichen gehen oft einer sekundären Bewusstseinsbeeinträchtigung und Bewusstlosigkeit infolge einer Raumforderung mit Hirndruckerhöhung und Verlagerung bzw. Einklemmung von prädestinierten Hirnregionen und schließlich einer Kompression des Hirnstammes mit dem Ausfall lebenswichtiger Funktionen voraus. Die Auswirkungen einer intrakraniellen Blutung hängen von multiplen Faktoren, wie zum Beispiel von der Größe des intrakraniellen Reserveraums, welcher bei älteren Menschen mit bestehender Hirnatrophie wesentlich größer ist als bei jüngeren Patientinnen und Patienten, ab. Die Lokalisation der Blutung ist ebenso relevant, denn Hämatome im infratentoriellen Raum werden klinisch rascher bedrohlich als supratentorielle Blutungen. Wesentlich für den zeitlichen Verlauf ist auch die Art der Blutung. So können beispielsweise Abrisse der Arteria meningea media binnen weniger Minuten zur Einklemmung des Mittelhirns führen, während venöse Sickerblutungen möglicherweise sehr lange Zeit keine klinische Auffälligkeiten zeigen.(16, 27)

#### ➤ Epidurales Hämatom

Das Epiduralhämatom ist eine Blutung zwischen der Dura mater und dem knöchernen Schädel. Meist entsteht dieses Hämatom durch eine Blutung aus einem eingerissenen oder gar abgerissenen Ast der Arteria meningea media oder einer Verletzung dieser Arterie selbst. Es kommt beim Aufprall des Schädels zu einer Verformung der Schädelkalotte und zu einer Lockerung der Dura mater vom Knochen. Bei der Rückverformung des Schädelknochens löst sich dann die Dura mater ab, wodurch die Arteria meningea media oder ihre Äste verletzt werden können. Betroffen sind vorzüglich jüngere Patientinnen und Patienten nach einer Schädelfraktur. Ein Epiduralhämatom kann seltener auch direkt als Bruchspalthämatom oder durch Blutungen aus dem Sinus durae matris entstehen. Häufige Lokalisationen sind die Temporal- und die Frontalregion. In der kranialen Computertomographie, die bei jedem Verdachtsfall unverzüglich anzufertigen ist, erkennt man ein Epiduralhämatom als bikonvexe hyperdense Struktur. Anzeichen für eine epidurale Blutung nach einem Schädel-Hirn-Trauma sind Bewusstlosigkeit bzw. Bewusstseinsbeeinträchtigung, Pupillenstörungen im Sinne einer Anisokorie mit einer einseitig weiten Pupille oder eine beginnende Hemiparese. Atemstörungen

und Pupillenstarre weisen auf eine bereits bestehende Einklemmung von Hirnanteilen hin. Typisch, aber selten, ist auch ein so genanntes luzides Intervall, bei dem sich die Symptome erst nach einer anfänglichen Bewusstlosigkeit mit anschließendem Wiederaufklaren der Patientin oder des Patienten entwickeln. Die Therapie besteht allermeist in der operativen Entlastung des Hämatoms und Versorgung der Quelle der Blutung. Bei bis zu 4 % aller Patientinnen und Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma wird ein Epiduralhämatom festgestellt. Bei frühzeitiger Operation ist die Prognose gut, wobei die Letalität bei insgesamt 8-50 % liegt.(16, 30)

➤ Akutes Subduralhämatom

Beim Subduralhämatom liegt die Blutung zwischen der Hirnoberfläche und der Dura mater. Die Häufigkeit des Auftretens ist um einiges höher als die epiduralen Hämatome. Es entsteht durch Blutungen aus kleinen eingerissenen Gefäßen auf der Hirnoberfläche nach einer Kontusion dieses Areales und seltener aus blutenden Brückenvenen. In der kranialen Computertomographie zeigt sich eine konvex-konkave hyperdense Struktur, die meist frontotemporoparietal liegt. Contrecoup Phänomene sind häufig zu beobachten. Die Symptomatik ist ähnlich wie beim Epiduralhämatom und äußert sich zum Beispiel durch eine Bewusstlosigkeit, eine Halbseitensymptomatik und eine Anisokorie der Pupillen. Ein symptomfreies Intervall wird fast nie beobachtet. Akute subdurale Hämatome müssen durch eine ausgedehnte Kraniotomie und Duraeröffnung mit Hämatomausräumung und Versorgung der blutenden Gefäße auf der kontusionierten Hirnoberfläche behandelt werden. Da die akute subdurale Blutung meist mit einer ausgeprägten Schädigung des Hirnparenchyms einhergeht, ist die Prognose deutlich schlechter und auch die Letalität wird mit bis zu 70 % angegeben.(16, 30)

➤ Intrazerebrales Hämatom

Kommt es in den Kontusionszonen des Gehirns nach einem Schädel-Hirn-Trauma zum Zerreißen von kleinen Gefäßen, entsteht ein intrazerebrales Hämatom. Dieses ist meist in der Frontal- und Temporalregion gelegen. Die Symptome sind

ähnlich wie beim Epidural- oder dem akuten Subduralhämatom, aber von der Lokalisation der Blutung bzw. von der Schwere des Hirnschadens abhängig. Es entsteht meist ein ausgeprägtes perifokales Hirnödem in den benachbarten Arealen der intrazerebralen Blutung. Bei Symptomen einer Einklemmung muss das Hämatom operativ versorgt werden, hierbei beträgt die Größe des Hämatoms meist über 25 Kubikzentimeter.(16)

#### ➤ Traumatische Subarachnoidalblutung

Eine begleitende traumatische Subarachnoidalblutung kann bei allen Schweregraden des Schädel-Hirn-Traumas auftreten. Beim schweren Schädel-Hirn-Trauma sogar in circa 30 % der Fälle. Die Diagnose wird mittels kranialer Computertomographie gestellt. Die Symptomatik einer Subarachnoidalblutung richtet sich nach derer Lokalisation. Es treten unterschiedliche Symptome, wie beispielsweise eine Hirnnervenlähmung, auf. Krampfanfälle werden in der Regel dann beobachtet, wenn sich die Blutung ins Hirnparenchym wühlt. Eine gesonderte Therapie oder Operation ist meist nicht notwendig bzw. möglich. Die Subarachnoidalblutung ist oftmals Ausdruck eines diffusen Hirnschadens und gilt als prognostisch schlechter Faktor.(16, 30, 31)

#### **2.7.2. Sekundäre Hirnschädigung**

Pathophysiologisch entsteht die sekundäre Hirnschädigung auf dem Boden eines primären Schadens, der die unmittelbare Folge des Traumas war und eventuell vorliegenden Begleitverletzungen. Während auf die initiale Schädigung des Gehirns therapeutisch meist kein Einfluss genommen werden kann, konzentriert sich die Therapie des Schädel-Hirn-Traumas auf die Vermeidung von sogenannten Sekundärinsulten. Diese können binnen Minuten, Stunden oder erst nach Tagen und Wochen auftreten und führen zu einer wesentlich schlechteren Prognose für Patientinnen und Patienten, die ein schweres Schädel-Hirn-Trauma erlitten haben. Wesentliche Ursachen für eine sekundäre Hirnschädigung sind

Hypotonie, Hypoxie, Hirndruckanstieg, Vasospasmus, Hirnödembildung und epileptische Anfälle. In der Regel haben diese Ursachen eine zerebrale Hypoxie mit fokalen oder globalen ischämischen Episoden zur Folge. Dies geschieht immer dann, wenn das aktuelle zerebrale Sauerstoffangebot den tatsächlichen Sauerstoffbedarf auf zellulärer Ebene nicht decken kann. Es kommt zu einer Verschlechterung der Sauerstoffbilanz im Gehirn und zu einer Minderversorgung mit einer konsekutiven zerebralen Schädigung. Das Sauerstoffangebot ist vermindert, wenn der zerebrale Blutfluss oder der Sauerstoffgehalt im Blut durch Anämie oder arterielle Hypoxie erniedrigt ist. Ein verminderter Blutfluss im Gehirn wird zum einen durch einen insuffizienten zerebralen Perfusionsdruck, beispielsweise durch eine systemische Hypotonie oder durch einen intrazerebralen Druckanstieg, ausgelöst. Zum anderen kommt es auch durch einen erhöhten zerebralen Gefäßwiderstand bei Hyperventilation oder Vasospasmus zu einem verminderten Sauerstoffangebot. Pathophysiologisch wird durch eine prolongierte Hyperventilation ein CO<sub>2</sub> Abfall ausgelöst. Dies hat ein Engstellen der Hirngefäße und einen Anstieg des zerebralen Gefäßwiderstandes zur Folge. Durch eine Steigerung des Hirnstoffwechsels, wie zum Beispiel bei Fieber, Stress oder Krämpfen erhöht sich der Sauerstoffbedarf im Gehirn. Dies kann insbesondere beim schon verminderten Sauerstoffangebot die zerebrale Hypoxie und Ischämie massiv verstärken.(17, 27, 28, 32, 33)

Auf zellulärer Ebene spielen bei der sekundären Hirnschädigung auch viele biochemische Abläufe eine große Rolle. Durch eine zerebrale metabolische Dysfunktion kommt es zu einer Reihe von pathologischen Vorgängen im Zellstoffwechsel und zu einem Untergang von Hirngewebe. Vor allem bei der Freisetzung von exzitatorischen Neurotransmittern, wie Glutamat und Aspartat, wird die Permeabilität der Kalziumkanäle gesteigert und so die Apoptose eingeleitet. Auch die Entstehung von freien Radikalen und die eingeleiteten Entzündungsprozesse durch proinflammatorische Enzyme führen zum nekrotischen Zelltod und zu einer irreversiblen Schädigung der Mitochondrien. Das zytotoxische und vasogene Hirnödem kann zusätzlich durch ein Versagen der Blut-Hirn-Schranke verstärkt werden. Dieser Zusammenbruch der Blut-Hirn-Schranke wird unter anderem durch verschiedene Mediatoren wie zum Beispiel Bradykinin, Arachidonsäure oder Histamin, ausgelöst.(27, 28, 34)

Neben diesen Schädigungen im Gehirn wirkt ein schweres Schädel-Hirn-Trauma durch systemische Folgen auch auf den gesamten Organismus. Beispiele sind kardiovaskuläre Reaktionen, wie Blutdruckanstieg oder Zunahme des Herzzeitvolumens. Bereits kurz nach dem Trauma werden hohe Mengen an Katecholaminen, wie Adrenalin und Noradrenalin ausgeschüttet, was zu Veränderungen der Serumelektrolyte, zu Herzrhythmusstörungen, Hypertonie und zu Störungen der Vasoregulation führen kann. Zudem kann sich ein neurogenes Lungenödem entwickeln. Durch die Verletzung selbst und durch vermehrten Stress wird auf neurohumoraler Ebene ADH (antidiuretisches Hormon) freigesetzt. Konsekutiv entsteht das Syndrom der inadäquaten ADH Ausschüttung. Bei einer ebenfalls erhöhten ACTH (adrenokortikotropes Hormon) Ausschüttung der Hypophyse als Reaktion auf eine Verletzung, werden Steroide vermehrt abgegeben und bedingen eine katabole Stoffwechsellage.(27)

## 2.8. Diagnose

Eine orientierende neurologische Untersuchung sollte am Anfang jeder Diagnostik bei einem Schädel-Hirn-Trauma stehen. Dazu gehört neben der Erhebung des Glasgow Coma Scales und des Pupillenstatus auch die Untersuchung auf fokale neurologische Defizite. Beim Vorliegen von Bewusstseinsstörungen, Amnesie, Koma, neurologischen Auffälligkeiten oder bei Risikofaktoren, wie beispielsweise die Einnahme von gerinnungshemmenden Medikamenten sollte eine kraniale Computertomographie angefertigt werden. Ebenso sollte bei anderen Symptomen, die auf eine Verletzung des Gehirns hindeuten, wie zum Beispiel Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen oder Schwindel, eine Bildgebung erfolgen, um operationspflichtige Verletzungen auszuschließen oder nachzuweisen. Wenn sich in dieser Untersuchung Veränderungen zeigen oder aber die pathologischen klinischen Befunde nicht mit einer unauffälligen Computertomographie übereinstimmen, sollte die Computertomographie nach 6 bis 8 Stunden wiederholt werden, um eine Veränderung oder Neuentstehung von intrazerebralen Hämatomen nicht zu übersehen. Alternativ kann bei dieser Kontrolluntersuchung auch eine Magnetresonanztomographie des Schädels angefertigt werden.(19)

Eine CT-Angiographie ist beim Verdacht auf Läsionen der Hirngefäße, zum Beispiel bei einem offenen Schädel-Hirn-Trauma, durchzuführen.(28)

In der weiteren Versorgung spielen natürlich unterschiedlichste Untersuchungsmethoden eine große Rolle und werden je nach Verlauf eingesetzt.

## 2.9. Therapie

### **2.9.1. Chirurgische Therapie**

Besteht im Schädel-CT eine primäre Operationsindikation, wie zum Beispiel ein extrazerebrales Hämatom mit über 10 Millimetern Schichtdicke, ein intrazerebrales Hämatom mit über 30 Millilitern oder eine Mittellinienverlagerung über 5 Millimetern, sollte eine chirurgische Therapie möglichst rasch erfolgen. Ebenso muss die Indikation zur Anlage einer Hirndrucksonde ständig geprüft und neu evaluiert werden.(35)

### **2.9.2. Intensivmedizinische Therapie**

Die intensivmedizinischen Maßnahmen nach einem schweren Schädel-Hirn-Trauma sind vielschichtig und haben vordergründig das Management des intrakraniellen Drucks und des zerebralen Perfusionsdrucks zum Ziel. Zu den Basismaßnahmen gehören die Intubation und Beatmung bei einem GCS-Wert unter 8, sowie das Anstreben einer Normotension, Normoxämie und Normocapnie. Weiters wird eine Normothermie und Normoglycämie empfohlen. Auf der Intensivstation muss außerdem eine ausreichende Analgosedierung gewährleistet werden und der zerebralvenöse Abfluss sollte mit Maßnahmen, wie zum Beispiel Lagerung mit erhöhtem Oberkörper bis 15-30 Grad und Lagern des Halses und des Kopfes in Neutralstellung optimiert werden. Die Immobilisierung der Halswirbelsäule sollte bis zum Ausschluss von Frakturen erfolgen. Das Legen einer Magensonde sollte bei Schädelbasisfrakturen oder komplexen Gesichtsfrakturen orotracheal erfolgen. (36, 37)

Zur kontinuierlichen Überwachung des Hirndruckes wird die intrakranielle Druckmessung bei einem GCS-Wert unter 8 und einem pathologischen Schädel-

CT empfohlen. Ebenso sollte bei einem normalen Schädel-CT Befund und einem GCS-Wert von 3-8 bei einem Patientenalter über 40 Jahren, einem systolischen Blutdruck unter 90 mmHg oder bestehenden Strecksynergismen die Anlage einer Hirndrucksonde erfolgen. Eine weitere Indikation zur intrakraniellen Druckmessung stellt eine bereits eingeleitete Hirndrucktherapie dar.

Als wichtige Parameter gelten der intrakranielle Druck (ICP) und der zerebrale Perfusionsdruck (CPP). Beim intrakraniellen Druck wird ein Zielwert von unter 20 mmHg und beim zerebralen Perfusionsdruck ein Zielwert von über 60 mmHg angestrebt. Ein minimaler CPP von 50 mmHg ist unbedingt aufrecht zu erhalten. Der angestrebte ideale Zielbereich des zerebralen Perfusionsdrucks liegt zwischen 50 und 70 mmHg und sollte nicht aggressiv auf Werte über 70 mmHg angehoben werden. Um einen ausreichenden Perfusionsdruck zu erreichen sollte der mittlere arterielle Blutdruck (MAP) auf hochnormale Werte zwischen 100 und 130 mmHg gehalten werden.

Beim erhöhten intrakraniellen Druck stehen mehrere konservative Therapiemaßnahmen zur Verfügung:

1. Mannitol: Die Gabe von Mannitol wird beim Hirnödem zur Osmotherapie und Entwässerung eingesetzt. Beim primär erhöhten Hirndruck wird eine hochdosierte Bolusgabe empfohlen.
2. TRIS: Dieses Medikament puffert saure Valenzen und wird schwerpunktmäßig bei drohender oder bestehender Ischämie eingesetzt.
3. Hyperventilation: Bei akuten, nicht anders zu therapierbaren ICP-Anstiegen mit neurologischer Verschlechterung kann auch eine temporäre Hyperventilation erwogen werden. Hierbei sollte der pCO<sub>2</sub> Wert zwischen 30 und 35 mmHg liegen.
4. Hypertone NaCl-Lösung: Bei Hirnödem oder zum raschen Auffüllen eines Volumenmangels kommen 10-prozentige NaCl Lösungen zum Einsatz.
5. Barbiturate: Bei nicht anders zu behandelnden kritischen Anstiegen des Hirndruckes wird die Gabe von Barbituraten zur Senkung des Metabolismus empfohlen. Hierbei erfolgt die Verabreichung unter EEG Kontrolle, wobei ein Burst-Suppression-Muster angestrebt wird.

(35-37)

## 2.10. Prognose

Die Prognose wird von einer Reihe vielfältiger Faktoren bestimmt. Eine wesentliche Rolle spielt der initial am Unfallort erhobene GCS-Wert. Es gibt einen linearen Zusammenhang zwischen einem Punktwert von 3 bis 9 und dem Ansteigen des Risikos für ein schlechtes Outcome im Sinne von Todeseintritt, einem Syndrom reaktionsloser Wachheit oder bleibenden schweren neurologischen Defiziten. Ebenso gilt ein höheres Alter, vor allem über 60 Jahren, als prognostisch schlechter Faktor. Es ist bekannt, dass sich bei einer Hypotonie das Mortalitätsrisiko beim schweren Schädel-Hirn-Trauma verdoppelt. Ebenso werden weite und lichtstarre Pupillen nach Einlieferung in die Klinik mit einer Mortalitätsrate von 90 % gewertet. Die Prognose von Patientinnen und Patienten, die in der kranialen Computertomographie Zeichen einer Hirnschwellung oder Einklemmung mit dem Aufbrauchen der basalen Zisternen zeigen ist signifikant schlechter. Ebenso werden ein Mittellinienshift und eine begleitende traumatische Subarachnoidalblutung im CT als Risikofaktor für ein schlechtes Outcome gewertet. Insgesamt verringerte sich die Mortalitätsrate nach einem schweren Schädel-Hirn-Trauma in den letzten 30 Jahren aber drastisch. Dies liegt vor allem an der verbesserten Intensivmedizin, der routinemäßig angewandten kranialen Computertomographie und der mittlerweile kontinuierlich möglichen Überwachung und Therapie des Hirndrucks. Zu einem übermäßigen Auftreten von schweren neurologischen Defiziten ist es laut Studien nicht gekommen. Es stieg auch die Zahl der Patientinnen und Patienten, die ein gutes neurologisches Outcome im Sinne einer Wiedereingliederung in das Arbeitsleben zeigten.(17, 38-40)

## **3. Material und Methoden**

### **3.1. Studiendesign**

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Datenanalyse mit der Fragestellung nach geschlechtsspezifischen Unterschieden beim schweren Schädel-Hirn-Trauma. Da es hierbei zur Auswertung von patientenspezifischen Daten kam, wurde im Vorfeld ein Antrag auf Beurteilung eines klinischen Forschungsprojektes an die Ethikkommission der medizinischen Universität Graz gestellt. Im Votum vom 20.05.2014 bestand kein Einwand gegen die Durchführung der Studie. Anhand der elektronischen Krankenakte der KAGes im OpenMedocs wurden die Daten von allen Patientinnen und Patienten erhoben, die im Zeitraum zwischen 1.1.2005 bis 15.11.2013 mit einem schweren Schädel-Hirn-Trauma auf der neurochirurgischen Intensivstation des Landeskrankenhaus Universitätsklinikum Graz behandelt wurden. Es wurden 950 Datensätze von Patientinnen und Patienten begutachtet.

### **3.2. Datenschutz und Nutzen-Risiko Evaluierung**

Alle Patientinnen und Patienten wurden mit einer fortlaufenden Nummer codiert und pseudonymisiert. Die auszuwertenden Daten wurden mit diesem Code versehen und in einer Datenbank auf einem PC mit Zugriffsbeschränkung an der Abteilung für neurochirurgische Anästhesie gespeichert sowie anschließend ausgewertet. Nur autorisierte Personen hatten Zugriff auf die Originaldaten. Die eingeschlossenen Patientinnen und Patienten haben keinen direkten Nutzen von dieser Studie. Da es sich um eine rein retrospektive Auswertung ihrer Daten handelt, ist kein Risiko zu erwarten. Das einzig mögliche Risiko, nämlich das Bekanntwerden der sensiblen Patientendaten, wird durch die Pseudonymisierung und Zugriffsbeschränkung minimiert. Die Ergebnisse dieser Studie können als Grundlage zur Hypothesengenerierung für weitere Studien dienen.

### 3.3. Ein- und Ausschlusskriterien

In die Studie wurden Frauen und Männer eingeschlossen, die im oben genannten Zeitraum auf der neurochirurgischen Intensivstation des Landeskrankenhaus Universitätsklinikum Graz mit einem schweren Schädel-Hirn-Trauma stationär aufgenommen wurden. Das Mindestalter wurde mit 18 Jahren und das Höchstalter mit 75 Jahren zum Unfallzeitpunkt festgelegt. Dabei war es unerheblich, ob die Patientinnen und Patienten primär ins LKH Universitätsklinikum Graz eingeliefert wurden oder von anderen Krankenhäusern zutransferiert wurden. Nicht bearbeitet wurden unvollständige elektronische Krankenakten mit vielen fehlenden Parametern. Ausgeschlossen wurden auch jene Patientinnen und Patienten die vom Flugdienst der Neurochirurgie in peripheren Spitälern behandelt wurden.

### 3.4. Erhobene Daten

Nach Durchsicht der 950 elektronischen Patientenakten wurden 479 Patientinnen und Patienten in die Studie eingeschlossen. Folgende Parameter wurden erhoben und anschließend in ein SPSS-Datenblatt eingegeben:

- Geschlecht (männlich/weiblich)
- Alter zum Unfallzeitpunkt (18-75 Jahre)
- Ätiologie
  - Freizeitunfall Haushalt
  - Freizeitunfall Sport
  - Verkehrsunfall als Fußgängerin oder Fußgänger
  - Verkehrsunfall als Fahrradfahrerin oder Fahrradfahrer
  - Verkehrsunfall als Moped- oder Motorradfahrerin oder Fahrer
  - Verkehrsunfall als Autofahrerin oder Autofahrer
  - Suizidversuch
  - Gewalttat
  - Arbeitsunfall
  - sonstige
- Dauer der Behandlung in Tagen
- Zeitpunkt des Unfalls (Monat und Jahreszeit)

- Haupt- und Nebendiagnosen
  - Epidurales Hämatom
  - Subdurales Hämatom
  - Subarachnoidales Hämatom
  - Intrazerebrales Hämatom
  - Hirnödem
  - Schädelfraktur
  - Kontusionsblutung
  - diffuses axonales Schertrauma
  - Contusio cerebri
  - Sonstiges
- Zusatzverletzungen
  - isoliertes Schädel-Hirn-Trauma
  - Polytrauma
  - Thoraxtrauma
  - Beckentrauma
  - Extremitätentrauma
  - Gesichtsschädelfrakturen
- GCS am Unfallort
- GCS beim Eintreffen im Krankenhaus
- Gesundheitszustand bei Entlassung
  - gesund
  - leichte Beeinträchtigung
  - schwere Beeinträchtigung
  - verstorben
- Einlieferungsart
  - Notarzthubschrauber
  - bodengebundenes Notarztmittel
  - Rettungswagen
  - privat
- Transferziel

### 3.5. Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden mit der Statistik- und Analyse-Software SPSS 20 der Softwarefirma IBM, die von der Medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt wird, ausgewertet.

Ein Eindimensionaler-Chi-Quadrat-Test wurde eingesetzt um zu prüfen, ob sich die beobachteten von den erwarteten Häufigkeiten einer Verteilung unterscheiden. Um Geschlechtsunterschiede aufzuzeigen, wurde aufgrund der nicht Gleichverteilung der Frauen und Männer, in den meisten Fällen ein Mehrdimensionaler-Chi-Quadrat-Test gerechnet. Außerdem wurde ein t-Test mit der abhängigen Variable Alter und der unabhängigen Variable Geschlecht berechnet. Eine Varianzanalyse wurde herangezogen um zu prüfen, ob das Alter von der Ätiologie abhängt. Um eine Wechselwirkung zwischen Geschlecht und Ätiologie in Abhängigkeit von Alter zu erheben, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse ausgegeben.

Das Signifikanzniveau wurde mit  $\alpha=0.05$  festgelegt, somit werden die Ergebnisse mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% interpretiert.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Allgemeines

Es wurden 479 Personen in die Studie eingeschlossen. Davon waren 381 (79,5 %) männlich und 98 (20,5 %) weiblich.

Der  $\chi^2$  Chi-Quadrat-Test zeigte, dass die Stichprobe signifikant mehr Männer als Frauen umfasst ( $\chi^2_{1, n=479} = 167.2, p < .01$ ).

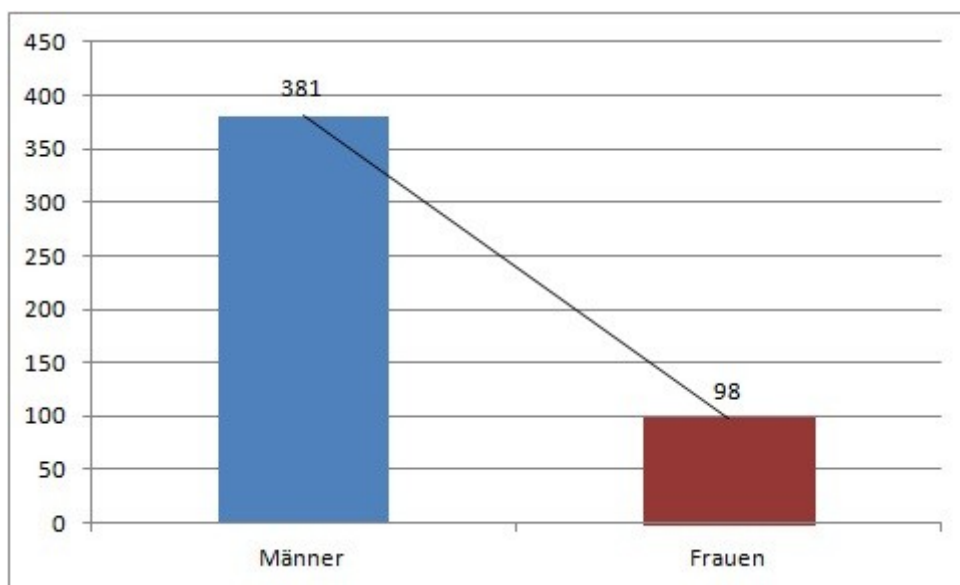
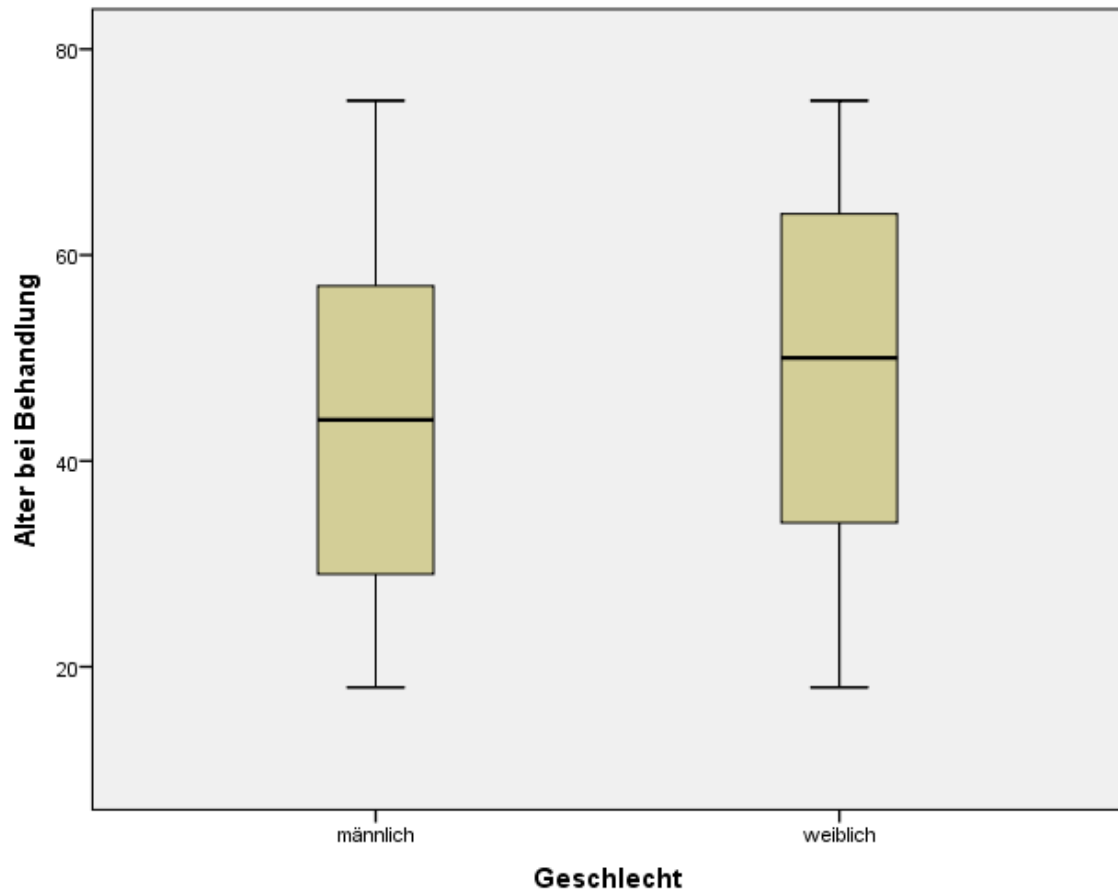


Abbildung 1: Geschlechtsunterschied

### 4.2. Alter zum Unfallzeitpunkt

Das Alter zum Unfallzeitpunkt wurde mit 381 eingeschlossenen Männern und 98 Frauen gerechnet. Hierbei ergaben sich folgende Unterschiede: während das mittlere Alter bei Männern bei 43,8 Jahren liegt ( $M=43.8$ ;  $SD=16.802$ ) sind Frauen zum Unfallzeitpunkt mit 48,9 Jahren ( $M=48.9$ ;  $SD=17.2$ ) deutlich älter ( $t_{477}=2.664, p<.01$ ).



**Abbildung 2: Alter bei Behandlung**

In Abbildung 2 wird das Alter zum Unfallzeitpunkt mittels Boxplots dargestellt. Bei Männern liegt der Median bei 44 Jahren, die mittleren 50 % der Werte liegen zwischen 28,5 und 57 Jahren. Bei Frauen liegt der Median bei 50 Jahren, die mittleren 50 % der Werte liegen zwischen 33,75 und 64,25 Jahren. Minimum und Maximum liegen bei beiden Geschlechtern, wie in den Einschlusskriterien festgelegt, bei 18 und 75 Jahren.

In den folgenden geschlechtergetrennten Abbildungen zum Alter beim Unfall- bzw. Behandlungszeitpunkt wird bei den Frauen die vermehrte Anzahl von schweren Schädel-Hirn-Traumen im höheren Alter deutlich sichtbar.

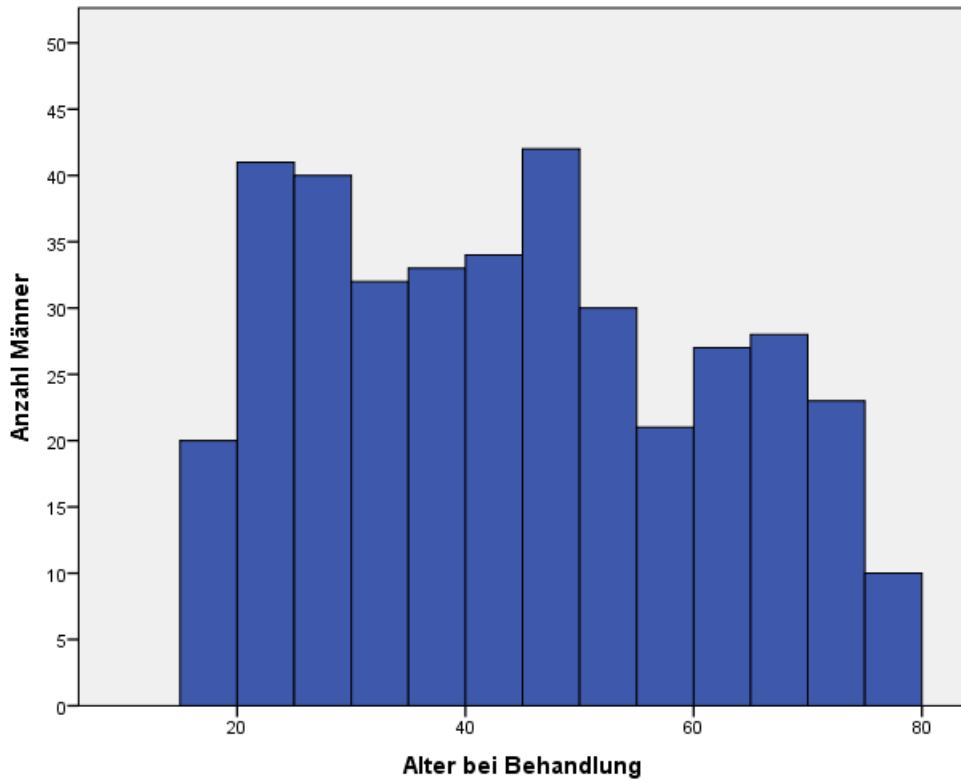


Abbildung 3: Alter der Männer

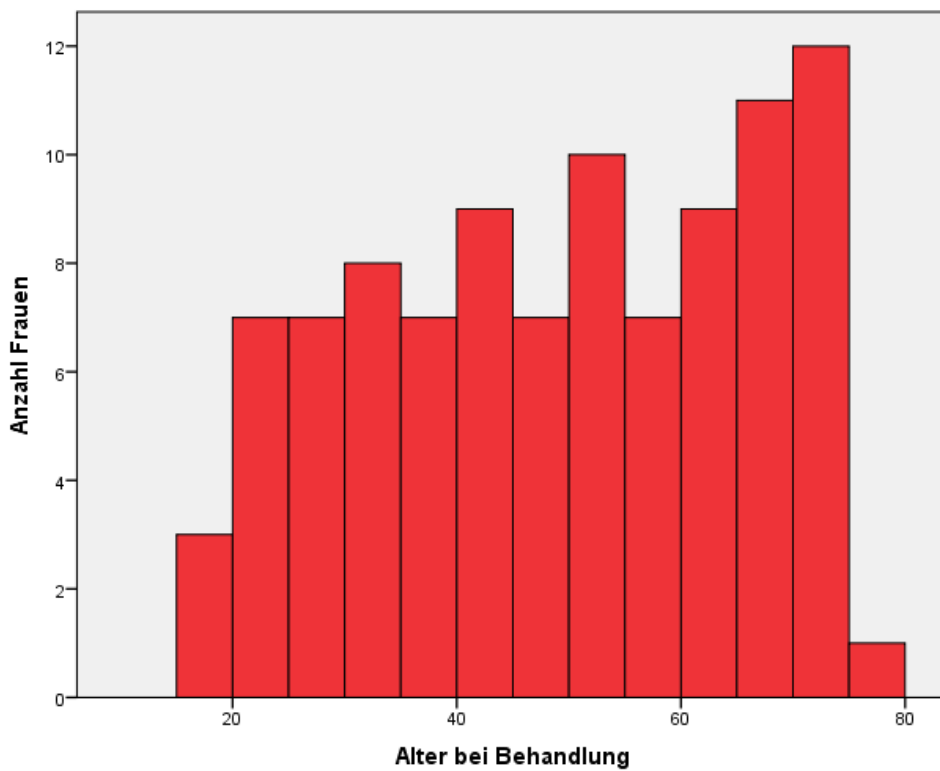


Abbildung 4: Alter der Frauen

### 4.3. Ätiologie

Die Ätiologie verteilte sich in der 477 Patientinnen und Patienten umfassenden Stichprobe wie folgt: in die Gruppe Freizeit/Haushalt fielen 28,9 % (138) der Patientinnen und Patienten, während sich 13,2 % (63) der Personen beim Sport ein schweres Schädel-Hirn-Trauma zuzogen. Als Fußgänger erlitten 4,6 % (22) und als Fahrradfahrer 8,6 % (41) ein solches. Mit dem Motorrad oder Moped verunglückten ebenso 8,6 % (41) und mit dem Auto waren es 17,2 % (82) Personen. Von den Patientinnen und Patienten, die auf der Intensivstation der Neurochirurgie nach einem schweren Schädel-Hirn-Trauma behandelt wurden zogen sich 1,6 % (6) der Frauen und Männer die Verletzung bei einem Suizidversuch und 2,7 % (13) bei einer Gewalttat zu. In die Gruppe Arbeitsunfall fielen 13,6 % (65) und nicht zuzuordnen waren 1,6 % (6) der Patientinnen und Patienten ( $\chi^2_{9, n=477} = 320.673, p < .01$ ).

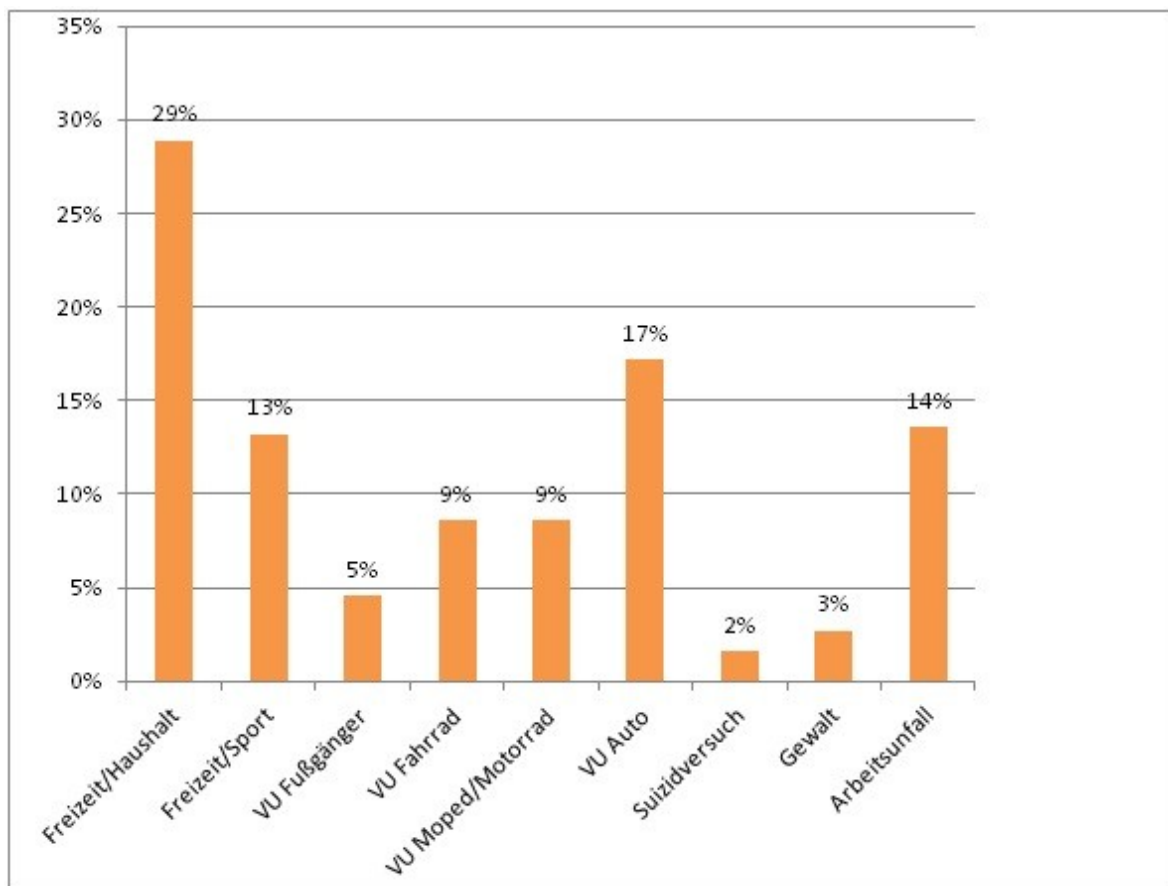


Abbildung 5: Ätiologie

### ***Geschlechtsunterschied und Ätiologie***

Der geschlechtsspezifische Unterschied in der Ätiologie des schweren Schädel-Hirn-Traumas konnte mit einem mehrdimensionalen Chi-Quadrat-Test nachgewiesen werden ( $\chi^2_{9, n=477} = 36.567, p < .01$ ).

Es wurden 380 Männer und 97 Frauen ausgewertet. Statistisch signifikant sind die Unterschiede in den Gruppen Verkehrsunfall/Fußgänger. Es fallen 3,2 % (12) der untersuchten Männer und 10,3 % (10) der Frauen in diese Gruppe. Ebenso erlitten signifikant weniger Männer mit 6,3 % (24) durch einen Fahrradunfall ein schweres Schädel-Hirn-Trauma als Frauen mit 17,5 % (17). Eindeutig mehr Männer mit 16,1 % (61) als Frauen mit 4,1 % (4) zogen sich bei einem Arbeitsunfall ein solches zu. In die Gruppe Freizeit/Haushalt fielen 31,1 % (118) der männlichen Patienten und 20,6 % (20) der Patientinnen, auch dieser Unterschied ist signifikant ( $\chi^2_{9, n=477} = 36.567, p < .01$ ). Es zogen sich 12,4 % (47) der Männer und 16,5 (16) der Frauen beim Sport ein schweres Schädel-Hirn-Trauma zu. Mit dem Motorrad oder Moped verunglückten 9,5 % (36) der Männer und 5,2 % (5) der Frauen. Mit dem Auto waren es 16,1 % (61) der behandelten Patienten und 21,6 % (21) der Patientinnen. Ein schweres Schädel-Hirn-Trauma zogen sich 1,3 % (5) der Männer und 1% (1) der Frauen bei einem Suizidversuch sowie 2,6 % (10) der männlichen Personen und 3,1 % (3) der Frauen bei einer Gewalttat zu.

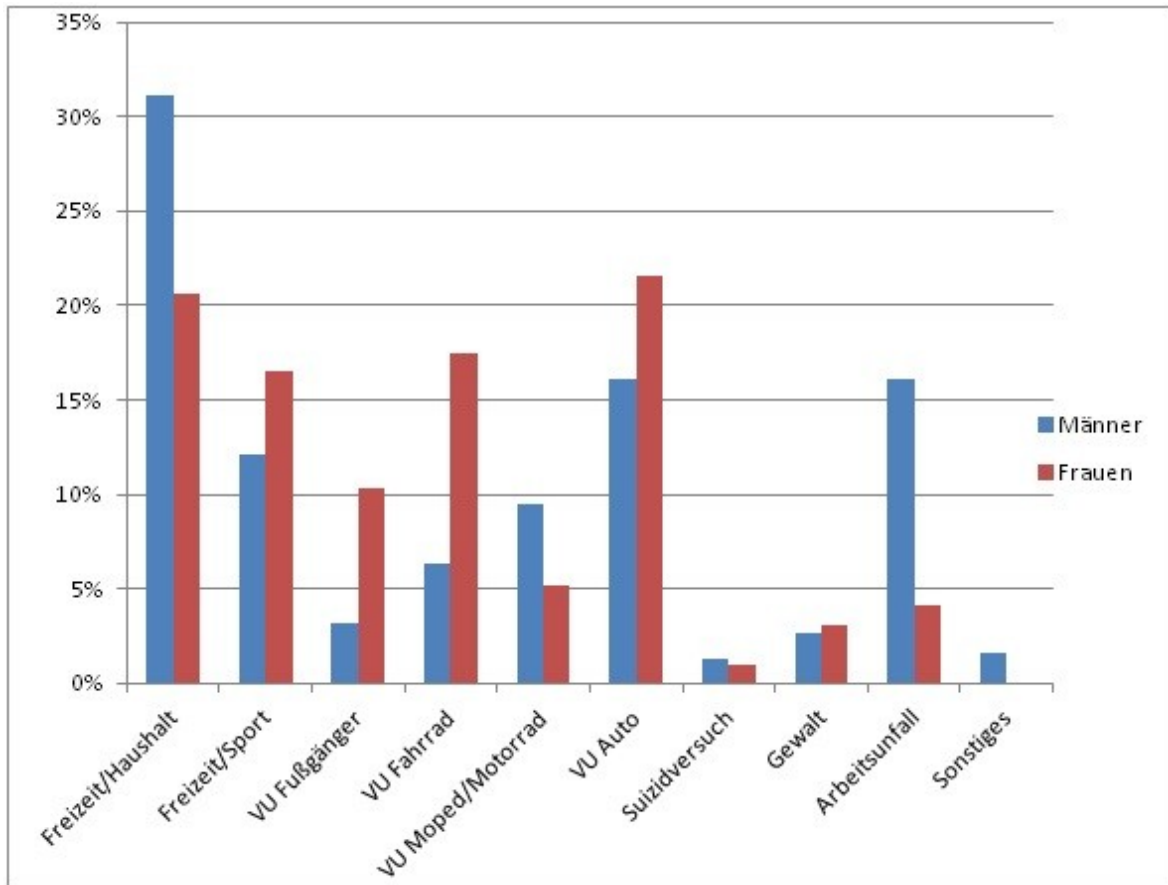


Abbildung 6: Geschlechtsunterschied und Ätiologie

#### 4.4. Alter zum Unfallzeitpunkt und Ätiologie

Anhand einer Varianzanalyse konnte gezeigt werden, dass das Durchschnittsalter zum Unfallzeitpunkt sehr wohl eine Rolle hinsichtlich der Ätiologie spielt ( $F_{9,467}=14.417$ ,  $p<.01$ ). Posttests zeigen signifikante Unterschiede in der Subgruppe Freizeit, wobei Personen in der Gruppe Freizeit/Haushalt im Durchschnitt mit 54,5 Jahren ( $M=54.5$ ;  $SD=15.184$ ) älter als Personen in der Gruppe Freizeit/Sport mit 41 Jahren ( $M=41$ ;  $SD=16.270$ ) sind. In der Subgruppe Verkehrsunfall sind Radfahrer mit 49,4 Jahren ( $M=49.4$ ;  $SD=14.550$ ) und Fußgänger mit 48,7 Jahren ( $M=48.7$ ;  $SD=17.619$ ) im Durchschnitt um einiges älter als Verunglückte mit dem Motorrad/Moped mit 37,4 Jahren ( $M=37.4$ ;  $SD=16,471$ ) und Autoinsassen mit durchschnittlich 33,8 Jahren ( $M=33.8$ ;  $SD=15.007$ ) zum Unfallzeitpunkt. Beim Arbeitsunfall ergab sich ein durchschnittliches Alter von 42,9 Jahren ( $M=42.9$ ;  $SD=12.478$ ). Diese Personen sind signifikant jünger als jene in

der Gruppe Freizeit/Haushalt sowie Verkehrsunfall/Fahrrad, jedoch älter als in der Gruppe Verkehrsunfall/Auto. In der Subgruppe Gewalt waren Personen im Durchschnitt 36,2 Jahre ( $M=36.2$ ;  $SD=9.584$ ) alt und somit jünger als Personen der Gruppen Freizeit/Haushalt, Verkehrsunfall/Fußgänger und Verkehrsunfall/Fahrrad. Bei Suizidversuchen ergibt sich ein Durchschnittsalter von 43,2 Jahren ( $M=43.2$ ;  $SD=21.940$ ), dieses unterscheidet sich nicht signifikant von den anderen Gruppen.

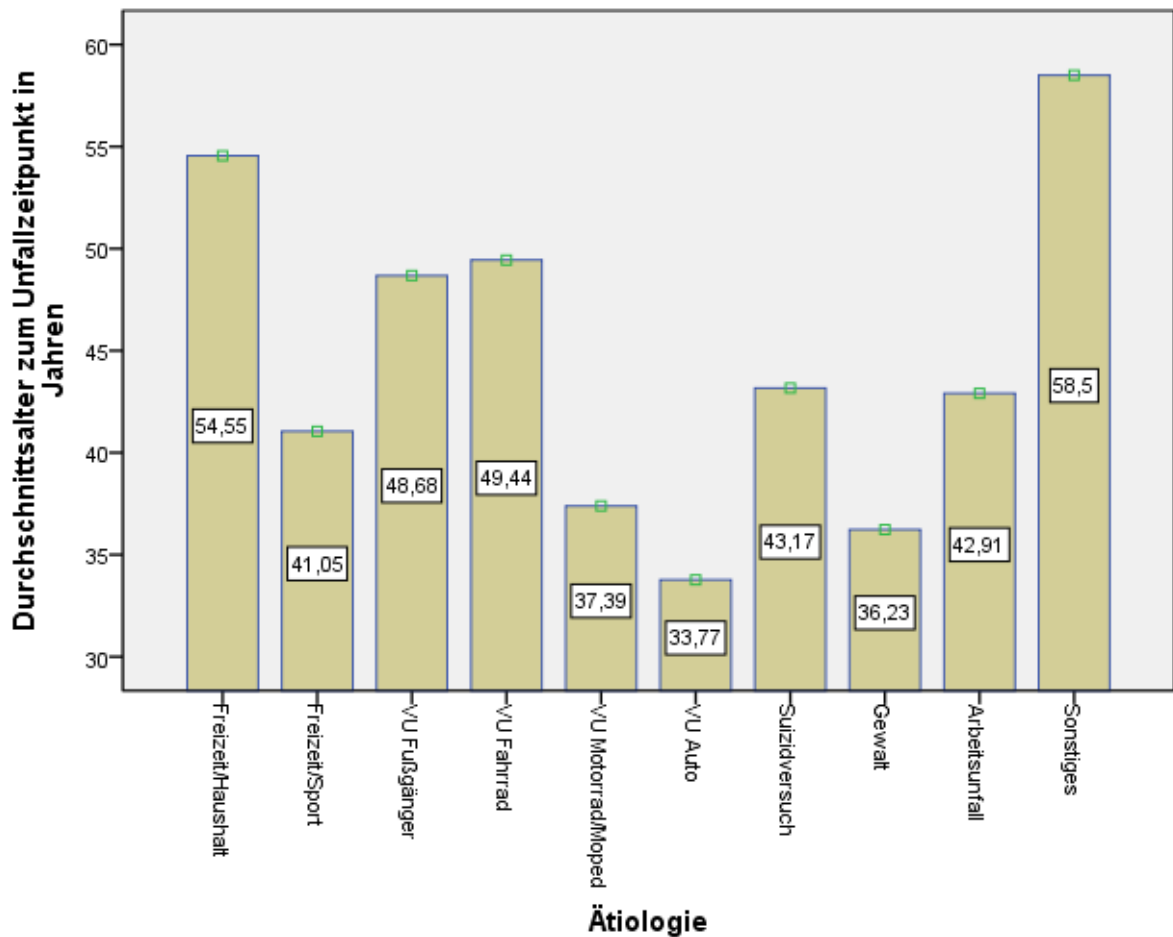


Abbildung 7: Alter und Ätiologie

### ***Geschlechtsunterschied beim Alter zum Unfallzeitpunkt und Ätiologie***

Mittels einer zweifaktoriellen Varianzanalyse wurde der Frage nach einer Wechselwirkung zwischen Geschlecht und Ätiologie in Abhängigkeit von Alter nachgegangen. (Der Geschlechtsunterschied zwischen Frauen und Männern beim Durchschnittsalter zum Unfallzeitpunkt und der zugrunde liegenden Ätiologie wurde separat betrachtet) Der Haupteffekt Ätiologie ( $F_{1,458}=9.433$ ,  $p<.01$ ), sowie der Haupteffekt Geschlecht sind signifikant ( $F_{1,458}=9.318$ ,  $p<.01$ ). Somit kann gesagt werden, dass weibliche Patientinnen in allen Gruppen älter sind, als die behandelten männlichen Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma. Eine Ausnahme hierbei stellt die Subgruppe beim Arbeitsunfall dar, denn hier sind Männer mit einem Durchschnittsalter von 43 ( $M=43$ ;  $SD=12,861$ ) Jahren um ein Jahr älter als die Frauen mit 42 Jahren ( $M=42$ ;  $SD=3,559$ ). Männer in der Gruppe Freizeit/Haushalt sind im Durchschnitt 53,8 Jahre alt ( $M=53,8$ ;  $SD=15,233$ ) und Frauen 59 Jahre alt ( $M=59$ ;  $SD=14,321$ ). In der Gruppe Freizeit/Sport sind Männer durchschnittlich 39,9 Jahre ( $M=39,9$ ;  $SD=15,023$ ) und Frauen 44,4 Jahre alt ( $M=44,4$ ;  $SD=19,653$ ) alt. Von den Personen, die bei einem Verkehrsunfall ein schweres Schädel-Hirn-Trauma erlitten haben sind männliche Radfahrer im Durchschnitt mit 47,5 Jahren ( $M=47,5$ ;  $SD=13,293$ ) jünger als weibliche Radfahrerinnen mit 52,1 Jahren ( $M=52,1$ ;  $SD=16,194$ ). Männer, die als Fußgänger verunglücken sind durchschnittlich 43,1 Jahre ( $M=43,1$ ;  $SD=18,053$ ) und Frauen 55,4 Jahre ( $M=55,4$ ;  $SD=15,299$ ) alt. In der Gruppe Verkehrsunfall mit dem Motorrad/Moped sind männliche Patienten im Schnitt im Alter von 36,7 Jahren ( $M=36,7$ ;  $SD=16,506$ ) und weibliche Patientinnen 42,4 Jahren ( $M=42,4$ ;  $SD=17,126$ ). Als Autoinsassen zogen sich die Männer ihre Verletzungen mit durchschnittlich 32 Jahren ( $M=32$ ;  $SD=14,573$ ) und Frauen mit 39 Jahren ( $M=39$ ;  $SD=15,375$ ). In der Subgruppe Gewalt waren Männer im Durchschnitt 34,8 Jahre ( $M=34,8$ ;  $SD=9,367$ ) und Frauen 41 Jahre ( $M=41$ ;  $SD=10,583$ ) alt. Bei Suizidversuchen waren die männlichen Patienten durchschnittlich im Alter von 38,2 Jahren ( $M=38,2$ ;  $SD=20,413$ ) und die weibliche Patientin war 68 Jahre alt. In die Gruppe der sonstigen Ätiologien fielen nur Männer und waren im Durchschnitt 58,5 Jahre ( $M=58,5$ ;  $SD=18,075$ ) alt. Die Wechselwirkung Ätiologie und Geschlecht ist jedoch nicht signifikant, somit können diese Ergebnisse nur auf die Stichprobe bezogen werden ( $F_{8,458}=.524$ , ns).

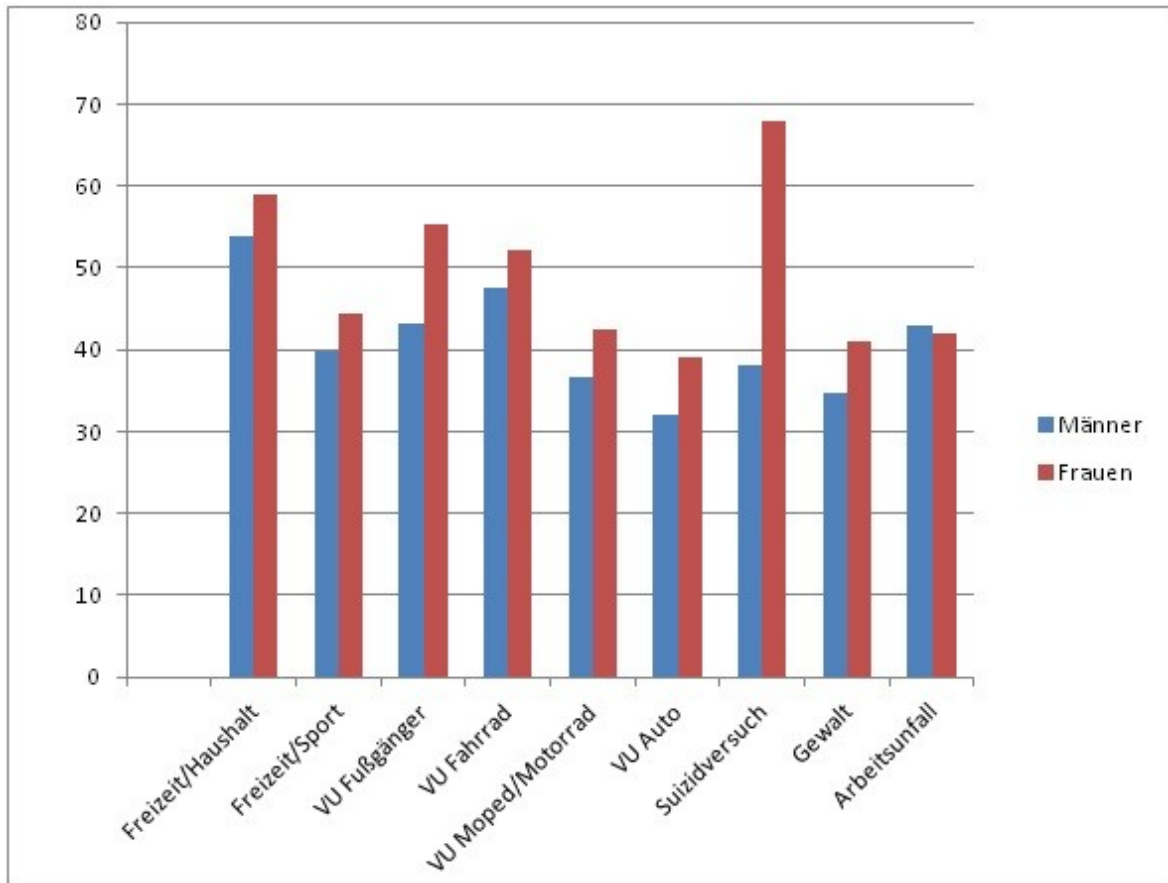


Abbildung 8: Geschlechtsunterschied beim Alter zum Unfallzeitpunkt und Ätiologie

## 4.5. Diagnose

### 4.5.1. Hauptdiagnose

Insgesamt wurde bei 479 Patientinnen und Patienten eine Hauptdiagnose eingegeben. Von diesen erlitten 16,3 % (78) ein epidurales Hämatom und 23,6 % (113) ein subdurales Hämatom. Es zogen sich 15,4 % (74) der Personen als Hauptdiagnose eine Subarachnoidalblutung und 1,3 % (6) ein intrazerebrales Hämatom zu. Beim Hirnödem waren es 7,5 % (36) und bei einer erlittenen Schädelfraktur 9,6 % (46) aller eingeschlossenen Patientinnen und Patienten. Mit einer Kontusionsblutung als Hauptdiagnose wurden 19,6 % (94) der Personen mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma auf der Intensivstation behandelt. Für ein diffuses axonales Schertrauma gilt dies in 3,5 % (17) der Fälle. Insgesamt erhielten auch 2,9 % (14) der behandelten Personen die unspezifische Hauptdiagnose Hirntrauma ohne nähere Angabe.

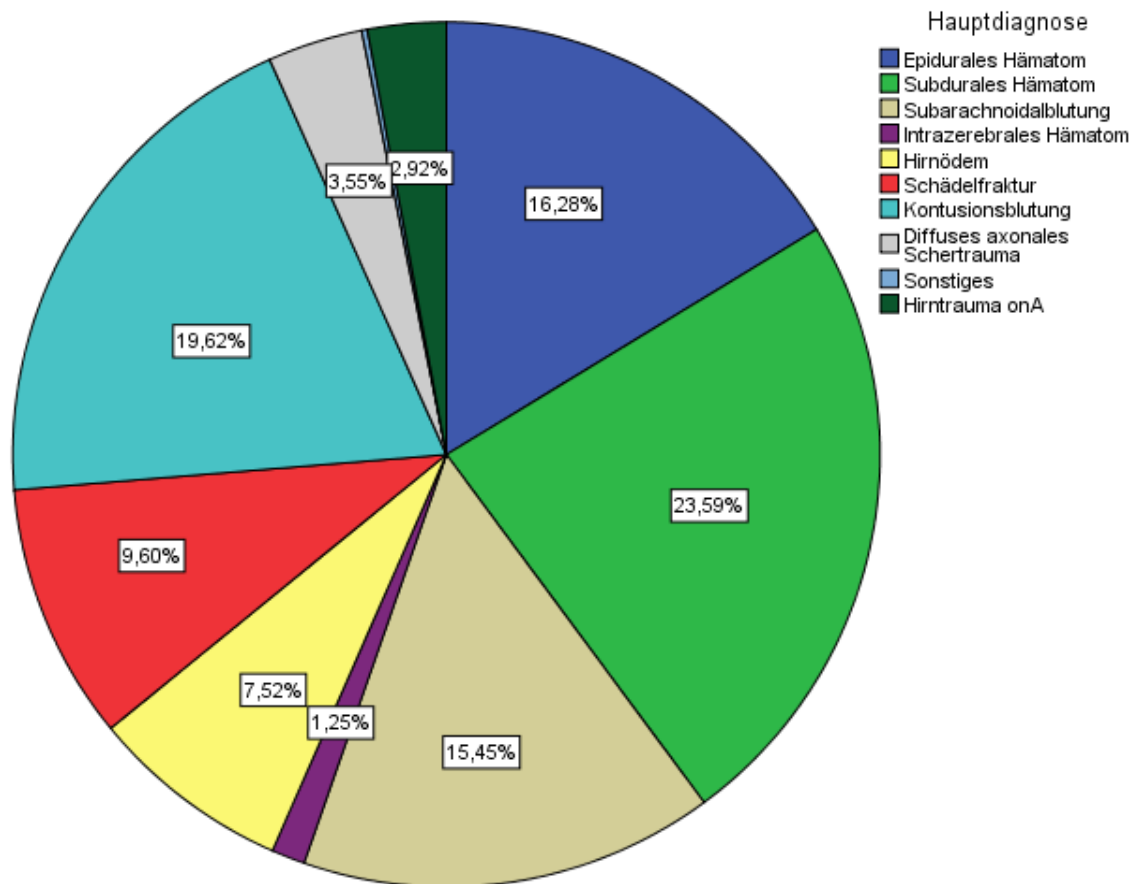


Abbildung 9: Hauptdiagnose

### ***Geschlechtsunterschied bei Hauptdiagnosen***

Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte bei der Hauptdiagnose epidurales Hämatom nachgewiesen werden. Während bei 18,1 % (69) aller Männer diese Hauptdiagnose gestellt wurde, waren es nur 9,2 % (9) bei den Frauen ( $\chi^2_{9, n= 479} = 17.685, p < .05$ ). Ein ebenso signifikanter Geschlechtsunterschied wurde bei der unspezifischen Hauptdiagnose Hirntrauma ohne nähere Angabe gefunden. Während nur 1,8 % (7) der Männer diese Diagnose bekamen, waren es 7,1 % (7) der weiblichen Patientinnen ( $\chi^2_{9, n= 479} = 17.685, p < .05$ ). Die Ergebnisse der anderen Subgruppen waren statistisch nicht signifikant. Bei der Hauptdiagnose subdurales Hämatom waren es 22,3 % (85) der männlichen Patienten und 28,6 % (28) der weiblichen Patientinnen. Bei 14,2 % (54) der Männer und 20,4 % (20) der untersuchten Frauen war eine Subarachnoidalblutung die Hauptdiagnose und bei 1,3 % (5) der männlichen Patienten und bei 1,0 % (1) der Frauen war es ein

intrazerebrales Hämatom. Ein Hirnödem war bei 8,4 % (32) der behandelten Männer und bei 4,1 % (4) der Frauen die Hauptdiagnose. Es bekamen 10,2 % (39) der männlichen Patienten und 7,1 % (7) der weiblichen Patienten als Hauptdiagnose eine Schädelfraktur gestellt. Bei 19,7 % (75) der Männer und bei 19,4 % (19) der Frauen war es eine Kontusionsblutung. Ein diffuses axonales Schertrauma wurde bei 3,7 % (14) der Patienten und bei 3,1% (3) der Patientinnen als Hauptdiagnose vermerkt.

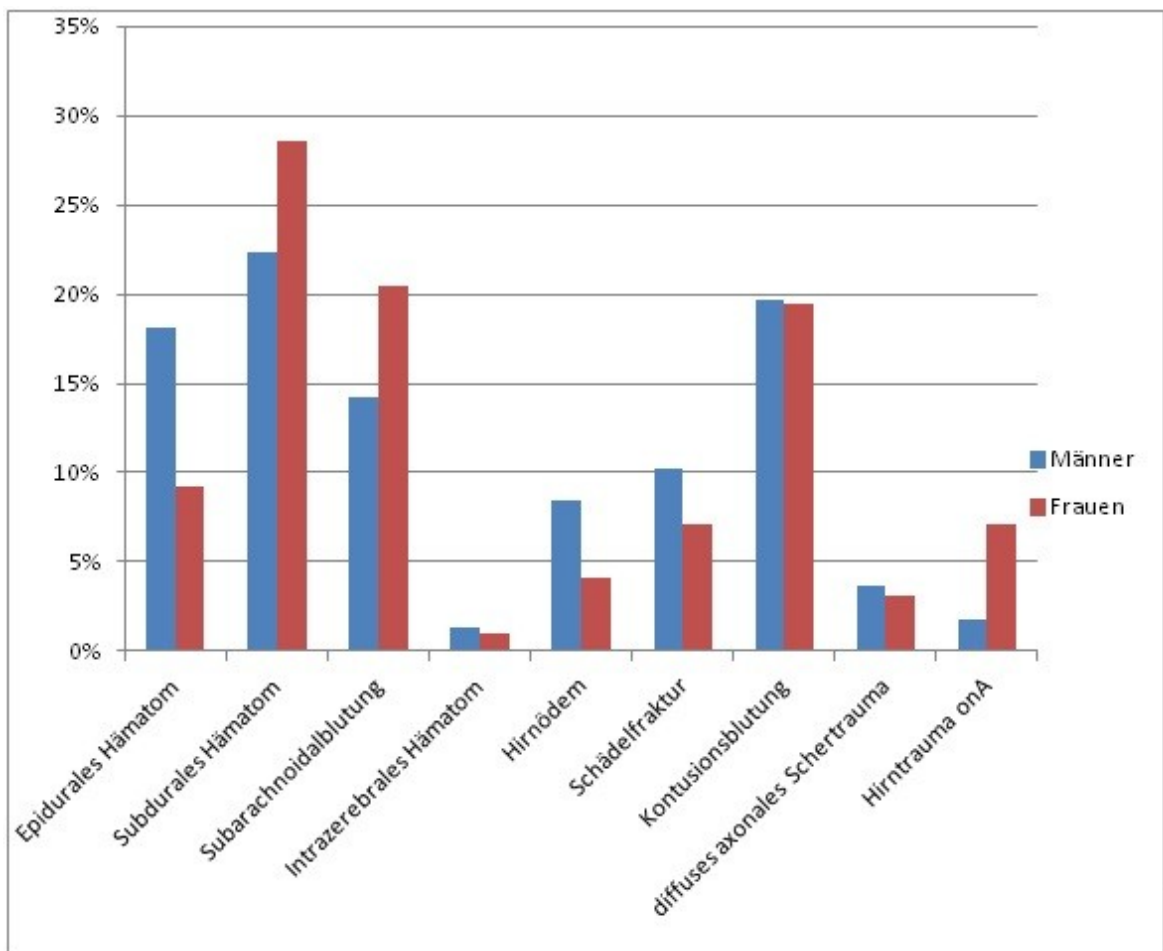


Abbildung 10: Geschlechtsunterschied bei Hauptdiagnosen

#### 4.5.2. Haupt- und Zweitdiagnosen

Beim Schädel-Hirn-Trauma werden neben einer Hauptdiagnose eine oder mehrere Zweitdiagnosen gestellt, da ein Schädel-Hirn-Trauma meist eine Kombination von mehreren unterschiedlichen Verletzungsarten darstellt. Deshalb wurde auch eine Auswertung mit allen gestellten Diagnosen durchgeführt und nach einem geschlechtsspezifischen Unterschied gesucht ( $\chi^2_{9, n= 1037} = 577.417, p < .01$ ).

Es wurden insgesamt 1037 Haupt- und Zweitdiagnosen bei 479 Patientinnen und Patienten eingetragen. Von diesen erlitten 8,8 % (91) ein epidurales Hämatom und 16,7 % (173) ein subdurales Hämatom. 17,8 % (185) der Personen zogen sich eine Subarachnoidalblutung und 2,8 % (29) ein intrazerebrales Hämatom zu. Beim Hirnödem waren es 9,4 % (97) und eine Schädelfraktur erlitten 17,2 % (178) aller Patientinnen und Patienten. Eine Kontusionsblutung wurde in 21,9 % (227) der Fälle mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma diagnostiziert. Für ein diffuses axonales Schertrauma gilt dies in 2,7 % (28) der Fälle. Die unspezifische Hauptdiagnose Hirntrauma ohne nähere Angaben erhielten 2,6 % (27) der behandelten Personen.

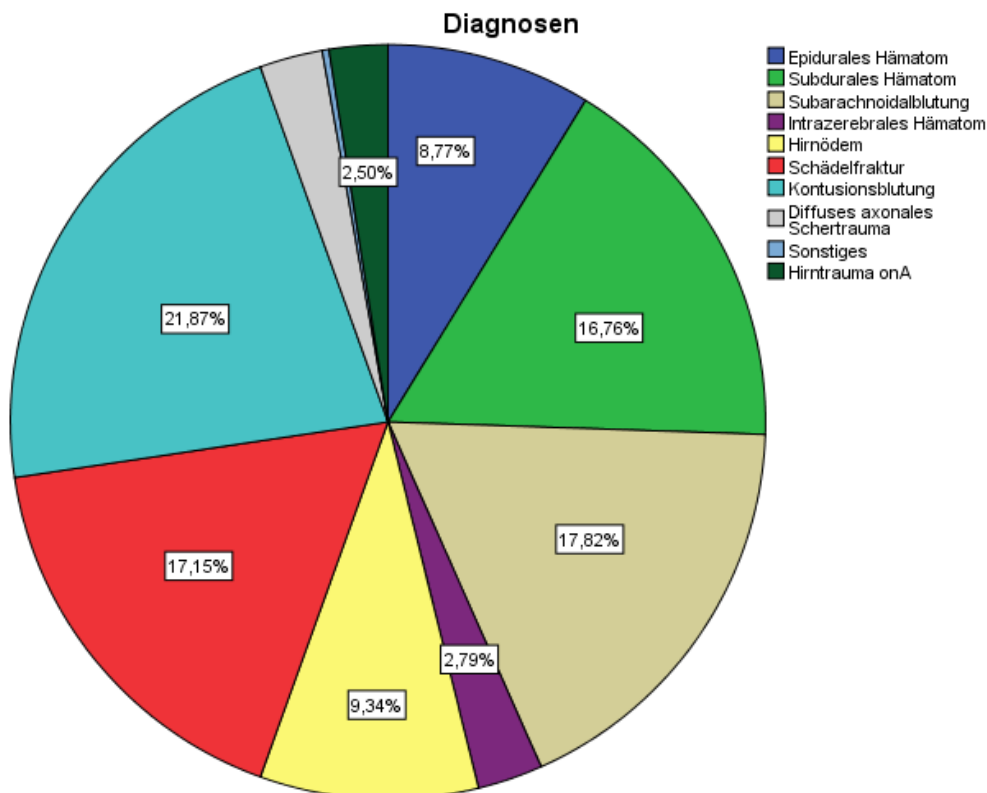


Abbildung 11: Haupt- und Zweitdiagnosen

### ***Geschlechtsunterschied bei Haupt- und Zweitdiagnosen***

Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte bei der Diagnose Hirntrauma ohne nähere Angabe festgestellt werden. Es entfielen 1,8 % (15) der Diagnosen bei den Männern und 6,1 % (12) der Diagnosen bei den Frauen darauf. Als Diagnose bekamen 18,3 % (154) der männlichen Patienten und 12,2 % (24) der weiblichen Patientinnen eine Schädelfraktur gestellt ( $\chi^2_{9, n=1037} = 18.914, p < .05$ ). Die anderen Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant. Ein epidurales Hämatom wurde bei 9,4 % (79) der männlichen Patienten und bei 6,1 % (12) der weiblichen Patientinnen nachgewiesen. Bei der Diagnose subdurales Hämatom waren es 16,3 % (137) der Männer und 18,3 % (36) der Frauen. Bei 17,5 % (147) der Männer und bei 19,3 % (38) der untersuchten Frauen wurde eine Subarachnoidalblutung diagnostiziert. Bei 2,9 % (24) der männlichen Patienten und bei 2,5 % (5) der Frauen war es ein intrazerebrales Hämatom. Ein Hirnödem war bei 9,3 % (78) der behandelten Männer und bei 9,6 % (19) der Frauen eine Diagnose. Bei 21,4 % (180) der Männer und bei 23,9 % (47) der Frauen war eine Diagnose die Kontusionsblutung. Ein diffuses axonales Schertrauma wurde bei 2,9 % (24) der Patienten und bei 2,0% (4) der Patientinnen diagnostiziert.

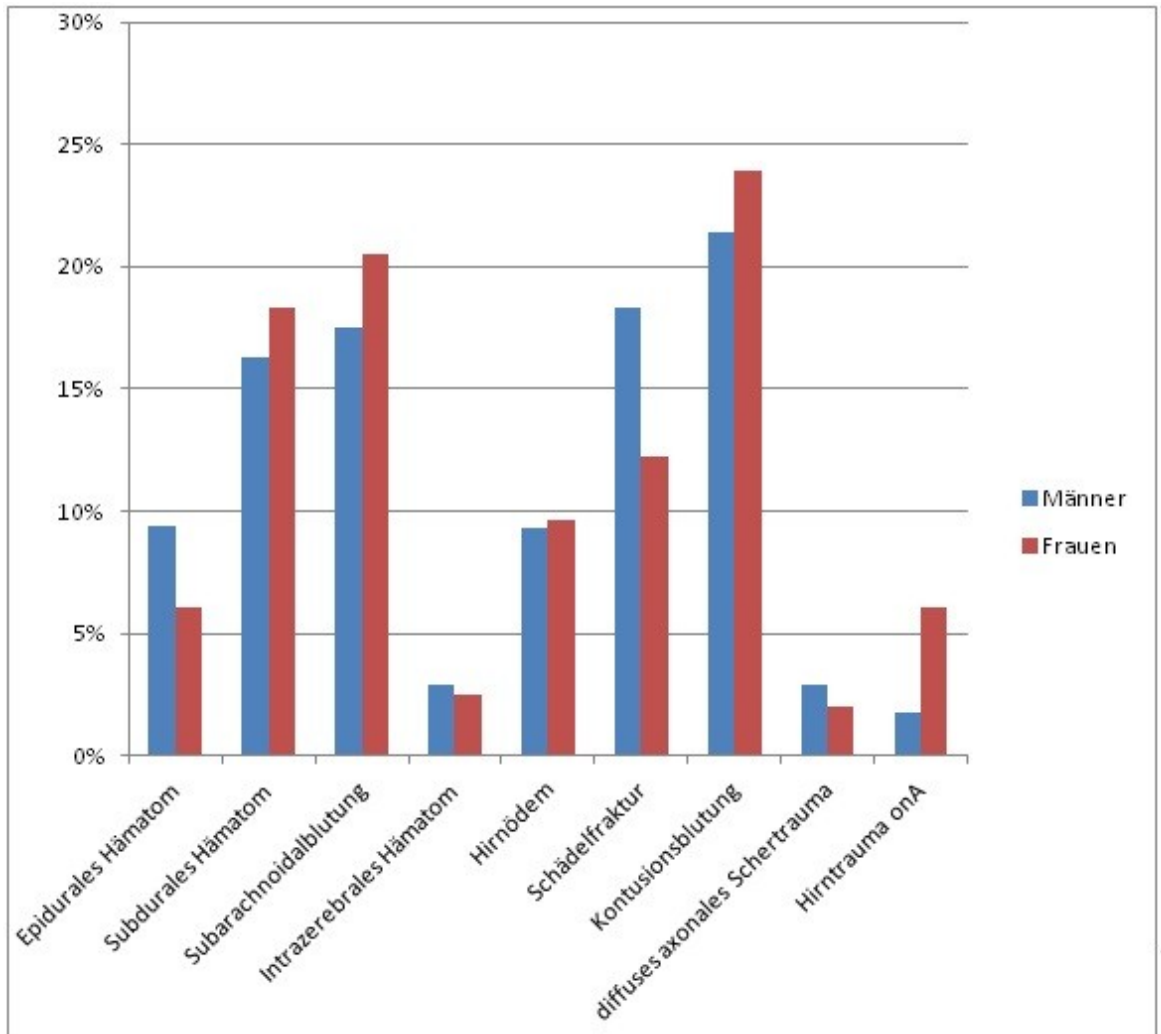


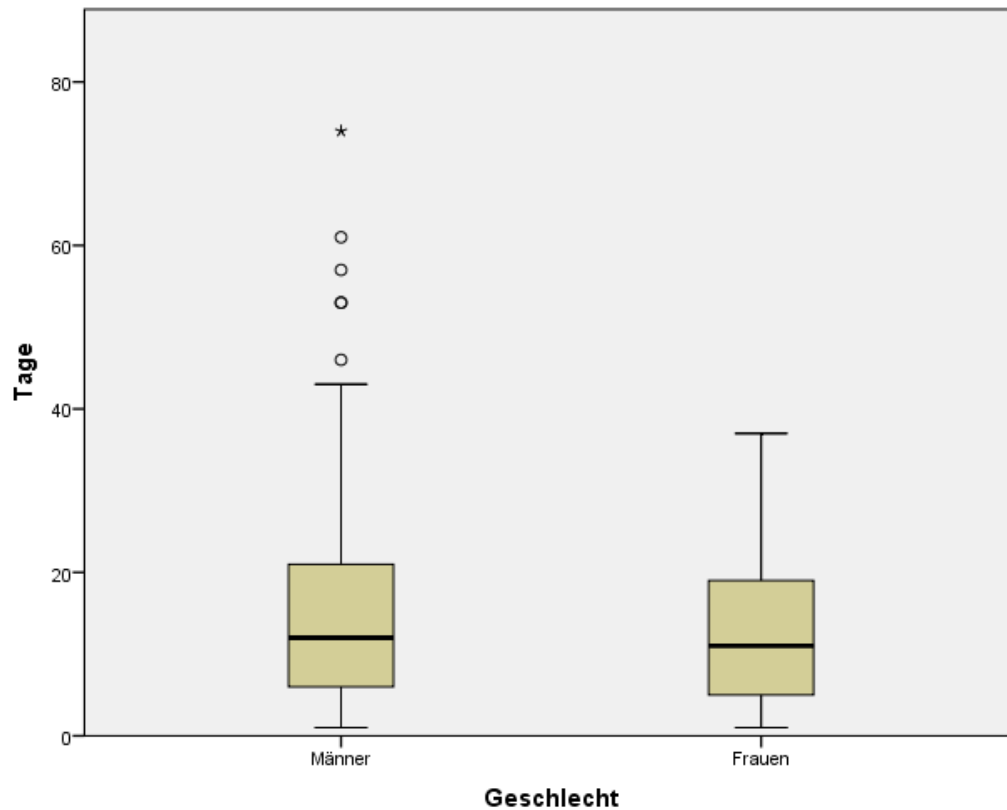
Abbildung 12: Geschlechtsunterschied bei Haupt- und Zweitdiagnosen

#### 4.6. Dauer der Behandlung

Bei der Behandlungsdauer auf der Intensivstation in Tagen wurden im T-Test keine signifikanten Geschlechtsunterschiede festgestellt ( $t_{472}=1.308$ , ns). Insgesamt liegt die mittlere Dauer der Behandlung bei 14 Tagen ( $M=14,16$ ;  $SD=10,802$ ). Die minimale Behandlungsdauer beträgt einen und die maximale Dauer 74 Tage.

### ***Geschlechtsunterschied bei der Behandlungsdauer***

Die Behandlungszeit beträgt bei Männern im Durchschnitt 14,5 Tage ( $M=14,49$ ;  $SD=11,195$ ) und bei Frauen im Durchschnitt 13 Tage ( $M =12,89$ ;  $SD=9,051$ ).



**Abbildung 13: Behandlungsdauer**

In Abbildung 13 wird die Dauer der Behandlung mittels Boxplots dargestellt. Bei Männern liegt der Median bei 12 Tagen, die mittleren 50 % der Werte liegen zwischen 6 und 21 Tagen. Ausreißer bis zu einer maximalen Behandlungszeit von 74 Tagen wurden hauptsächlich bei Männern beobachtet. Bei Frauen liegt der Median bei 11 Tagen, die mittleren 50 % der Werte liegen zwischen 5 und 19,5 Tagen.

## 4.7. Gesundheitszustand bei Entlassung

Der Gesundheitszustand bei der Entlassung beziehungsweise bei der Verlegung wurde in die Kategorien gesund, leichte Beeinträchtigung, schwere Beeinträchtigung oder verstorben eingeteilt.

Von den 380 eingeschlossenen Männern wurden 22,9 % (87) gesund, 30,4 % (115) mit leichten Beeinträchtigungen und 26,8 % (102) mit schweren Beeinträchtigungen entlassen. Es verstarben 20 % (76) der behandelten Männer im Laufe des stationären Aufenthaltes.

Bei den 97 untersuchten Frauen konnten 20,6 % (20) bei der Entlassung bzw. Verlegung als gesund eingestuft werden. 30,9 % (30) wurden als leicht beeinträchtigt und 28,9 % (28) als schwer beeinträchtigt eingestuft. 19,6 % (19) der verletzten Frauen sind auf der Intensivstation verstorben.

In den statistischen Testverfahren konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern beim Gesundheitszustand zum Zeitpunkt der Entlassung oder Verlegung gezeigt werden ( $\chi^2_{3, n=477} = .312, ns.$ ).

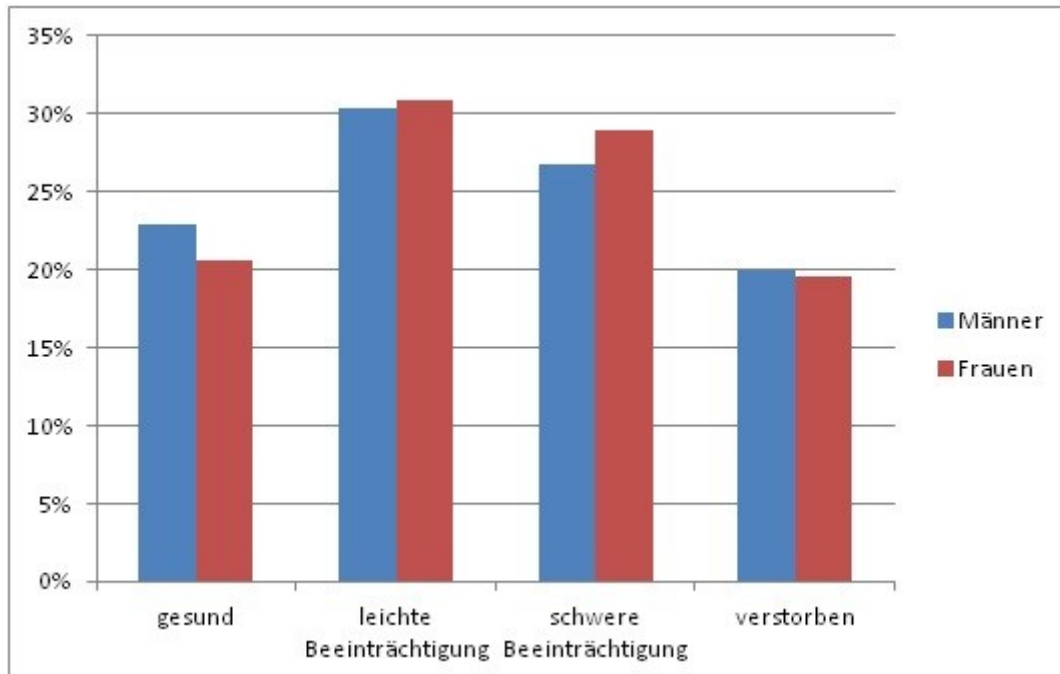


Abbildung 14: Gesundheitszustand bei Entlassung

## 4.8. Zeitpunkt des Unfalls

Insgesamt erlitten zwischen 26 Frauen und Männer (5,4 %) im Monat Februar, als Monat mit den wenigsten Fällen, und 51 (10,6 %) Patientinnen und Patienten im Spitzenmonat August ein schweres Schädel-Hirn-Trauma und wurden dann auf der neurochirurgischen Intensivstation behandelt.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Monaten zum Zeitpunkt des Unfalls konnte nicht gefunden werden ( $\chi^2_{11, n=479} = 16.056, ns.$ ).

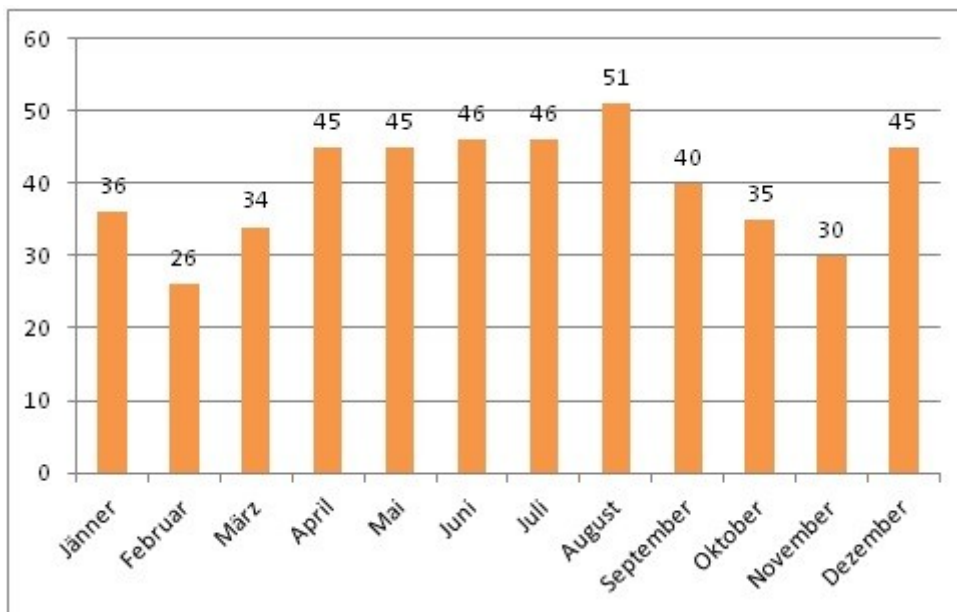


Abbildung 15: Monat zum Unfallzeitpunkt

Die Daten wurden nicht nur abhängig vom Monat sondern auch im jahreszeitlichen Kontext ausgewertet. Die Jahreszeiten wurden dabei, wie von der Weltorganisation für Meteorologie WMO vorgeschlagen, eingeteilt. Der Frühling beginnt am 1. März und dauert bis 31. Mai, der Sommer beginnt am 1. Juni und endet am 31. August. Der Herbst beginnt am 1. September und endet am 30. November und der Winter beginnt am 1. Dezember und dauert bis Ende Februar.

Insgesamt erlitten 25,9 % (124) der behandelten Patientinnen und Patienten im Frühling und 29,9 % (143) im Sommer ein schweres Schädel-Hirn-Trauma. Im Herbst waren es 21,9 % (105) und im Winter 22,3 % (107). Im Sommer verunglücken mehr Personen und erleiden ein schweres Schädel-Hirn-Trauma als in den anderen Jahreszeiten ( $\chi^2_{3, n=479} = 7.839, p < .05$ ).

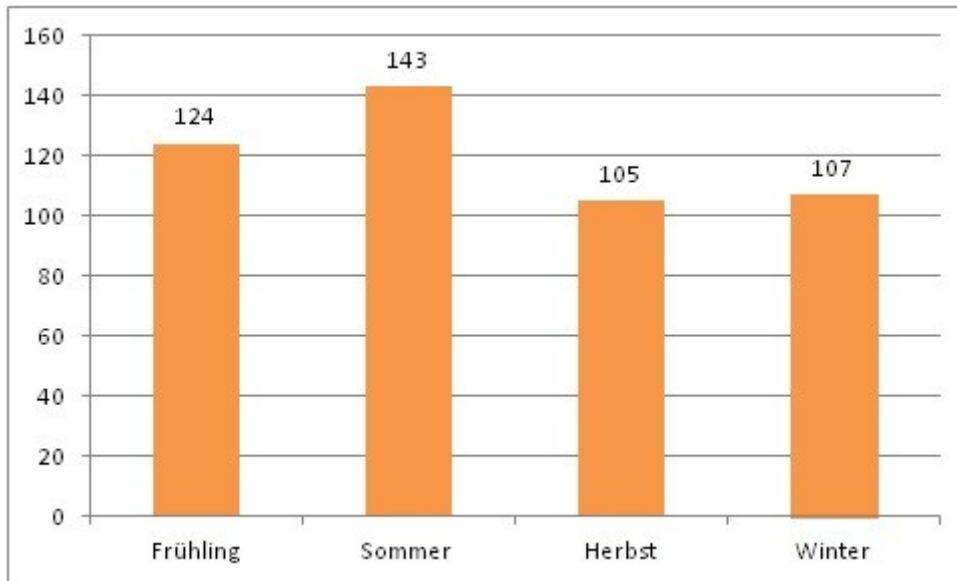


Abbildung 16: Jahreszeit zum Unfallzeitpunkt

### ***Geschlechtsunterschied und Jahreszeit zum Unfallzeitpunkt***

Beim Betrachten eines möglichen geschlechtsspezifischen Unterschiedes beim Unfallzeitpunkt wurden folgende Ergebnisse erzielt. Im Frühling erlitten 27,3 % (104) der eingeschlossenen Männer und 20,4 % (20) der Frauen ein schweres Schädel-Hirn-Trauma. Im Sommer waren es 28,9 % (110) der Männer und 33,7 % (33) der Frauen. Bei einem p-Wert von 0,06 sind die Ergebnisse im Herbst tendenziell signifikant, denn 19,9 % (76) der Männer und 29,6 % (29) der Frauen zogen sich in dieser Jahreszeit ein schweres Schädel-Hirn-Trauma zu. Im Winter sind es 23,9 % (91) der untersuchten Männer und 16,3 % (16) der Frauen. Der Unterschied der Ergebnisse im Frühling, Sommer und Winter ist statistisch nicht signifikant ( $\chi^2_{3, n=479} = 7.332, p = .06$ ).

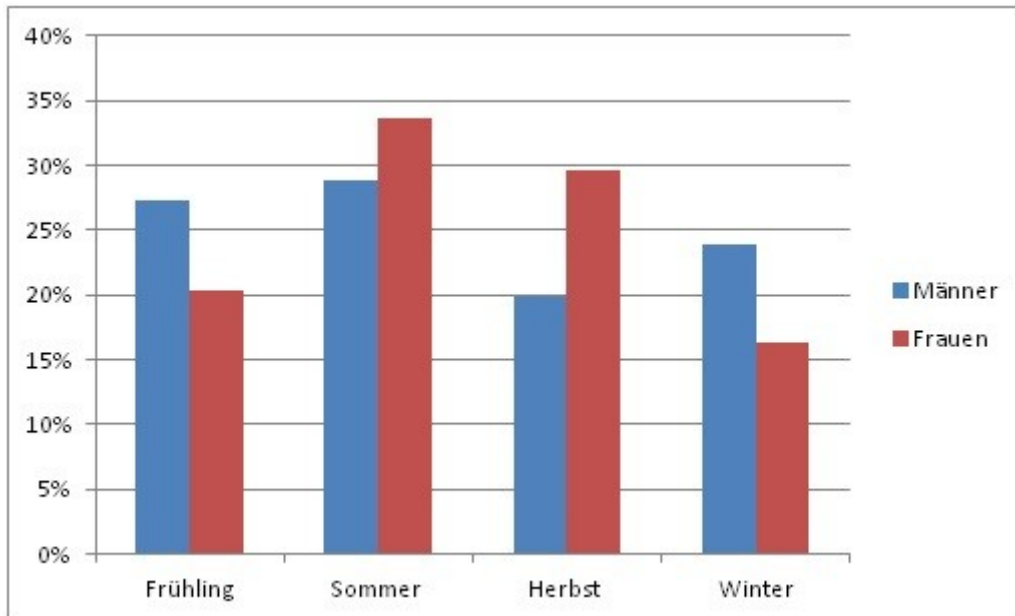


Abbildung 17: Geschlechtsunterschied und Jahreszeit zum Unfallzeitpunkt

#### 4.9. Einlieferungsart

Insgesamt wurden 196 (40,9 %) Patientinnen und Patienten mit dem Notarzhubschrauber an die Universitätsklinik LKH Graz zutransferiert. 202 Personen (42,2 %) kamen mit einem bodengebundenen Notarztmittel in die Klinik. 66 Frauen und Männer mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma wurden mit einem Rettungswagen in die Klinik gebracht und 6 Personen kamen privat ins Krankenhaus. Der Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen der Einlieferungsart ist hierbei signifikant ( $\chi^2_{3, n=470} = 241.59, p < .01$ ).

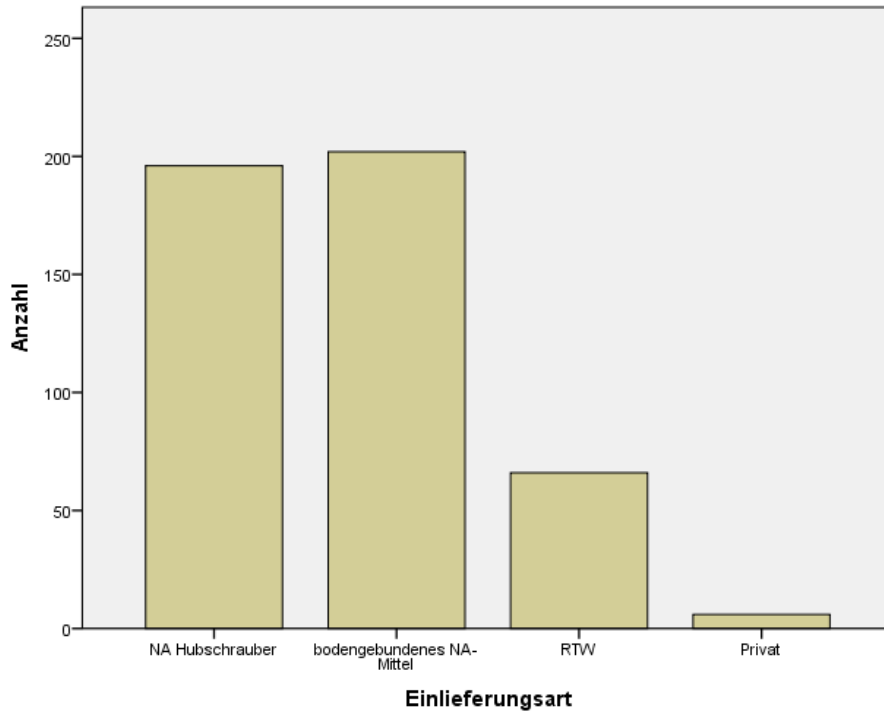


Abbildung 18: Einlieferungsart

### ***Geschlechtsunterschied und Einlieferungsart***

Mit dem Notarzhubschrauber wurden 42 % der Männer (157) mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma und 40,6 % der Frauen (39) an die Klinik gebracht. Durch ein bodengebundenes Notarztmittel wurden 41,4 % der Männer (155) und 49 % der Frauen (47) eingeliefert. Mit dem Rettungswagen kamen 15,2 % der Patienten (57) und 9,4 % der Patientinnen (9) an die Klinik. In die Gruppe der privat gebrachten Personen fielen 1,3 % der Männer (5) und 1 % der Frauen (1). Der statistisch errechnete Unterschied zwischen Frauen und Männern ist nicht signifikant ( $\chi^2_{3, n=470} = 2.961, ns.$ ).

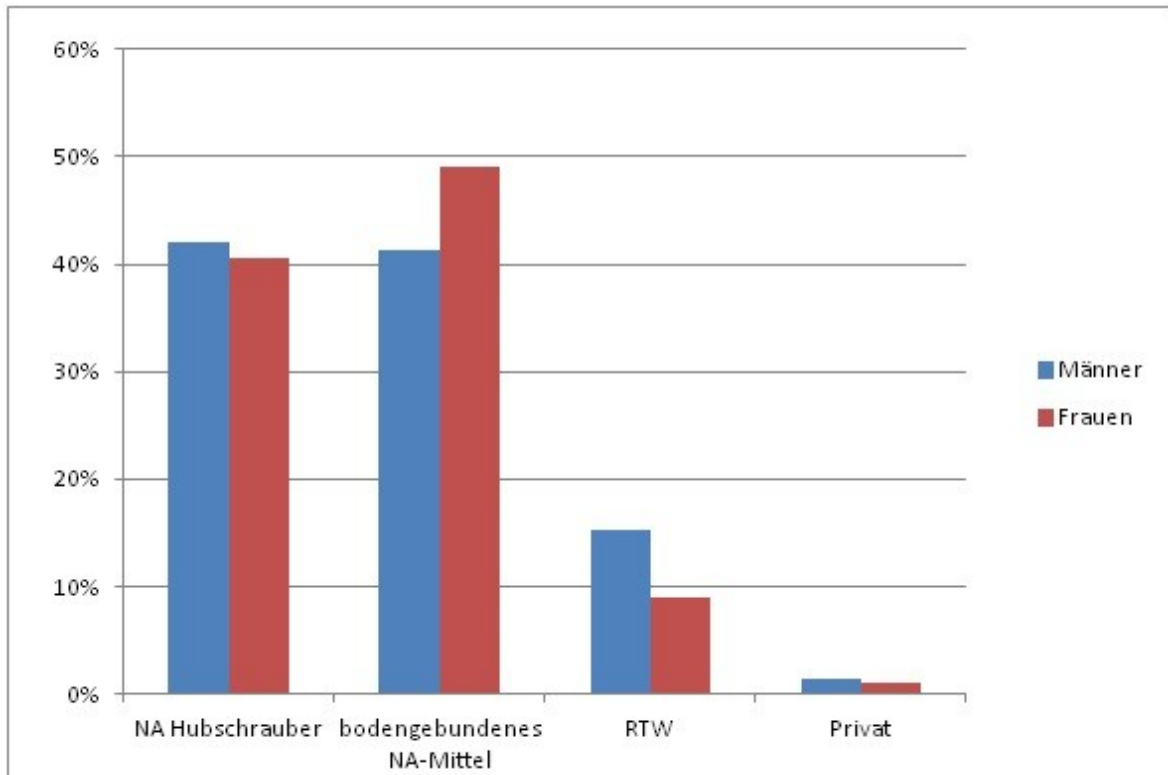


Abbildung 19: Geschlechtsunterschied und Einlieferungsart

#### 4.10. Transferziele

Es wurde untersucht, wohin die Patientinnen und Patienten von der neurochirurgischen Intensivstation transferiert bzw. entlassen wurden. Dabei konnte festgestellt werden, dass 18 % der behandelten Personen (86) ins LSF transferiert wurden. 13,6 % (65) wurden innerhalb des Universitätsklinikums Graz weiterbehandelt und 21,1 % (101) Patientinnen und Patienten wurden in Landeskrankenhäuser innerhalb der Steiermark bzw. ins UKH transferiert. Unter die Gruppe Sonstiges fallen alle behandelten Personen, die in Spitäler anderer Bundesländer bzw. Staaten oder private Einrichtungen transferiert wurden. Dies sind 10,2 % (49) der Frauen und Männer. Nach Hause entlassen werden konnten 14,6 % (70) der untersuchten Personen. Während des stationären Aufenthaltes verstarben 19,8 % (95) der Patientinnen und Patienten. Diese beobachteten Häufigkeiten weichen von den erwarteten signifikant ab ( $\chi^2_{29, n=479} = 1141.564, p < .01$ ).

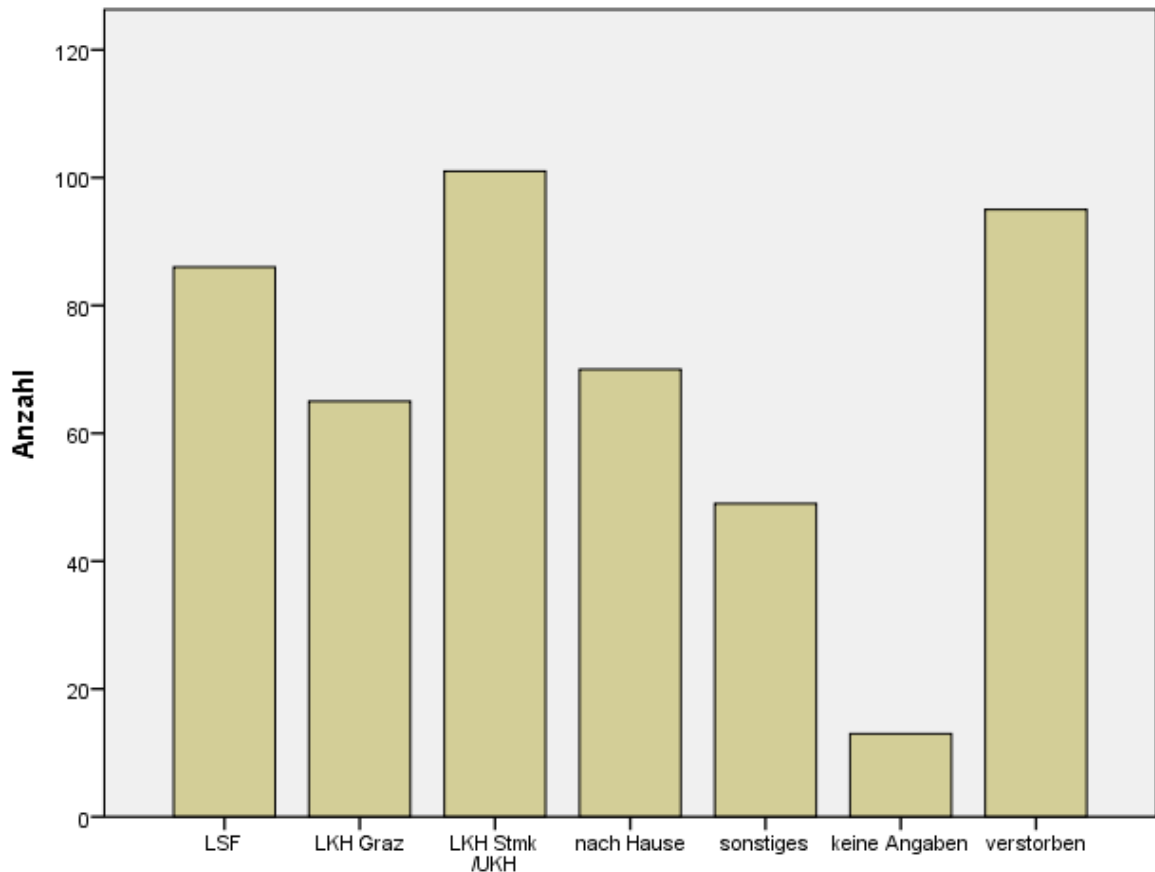


Abbildung 20: Transferziele

### ***Geschlechtsunterschied und Transferziele***

Von 381 in der Studie erfassten Männern wurden 19,7 % (75) ins LSF transferiert. 13,4 % (51) wurden innerhalb des Universitätsklinikums Graz weiterbehandelt und 21,3 % (81) der Patienten wurden in Landeskrankenhäuser innerhalb der Steiermark bzw. ins UKH Graz transferiert. In die Gruppe Sonstiges fallen 8,7 % (33) der Männer. Nach Hause entlassen werden konnten 14,7 % (56). 19,9 % der behandelten Männer (76) verstarben während des stationären Aufenthaltes.

Bei den untersuchten Frauen wurden 11,2 % (11) im LSF und 14,3 % (14) innerhalb des LKH Universitätsklinikum Graz weiterbehandelt. Von den 98 eingeschlossenen weiblichen Patientinnen wurden außerdem 20,4 % (20) in die Landeskrankenhäuser innerhalb der Steiermark bzw. ins UKH Graz transferiert und 14,3 % (14) konnten direkt von der Intensivstation nach Hause entlassen werden. Unter die Gruppe Sonstiges fallen 16,3 % (16) der behandelten Frauen.

19,4 % der Patientinnen (19) mit erlittenem schwerem Schädel-Hirn-Trauma verstarben auf der neurochirurgischen Intensivstation.

Ein geschlechtsspezifischer Unterschied zwischen Frauen und Männern bei Transferzielen konnte statistisch nicht nachgewiesen werden ( $\chi^2_{6, n= 479} = 8.529$ , ns.).

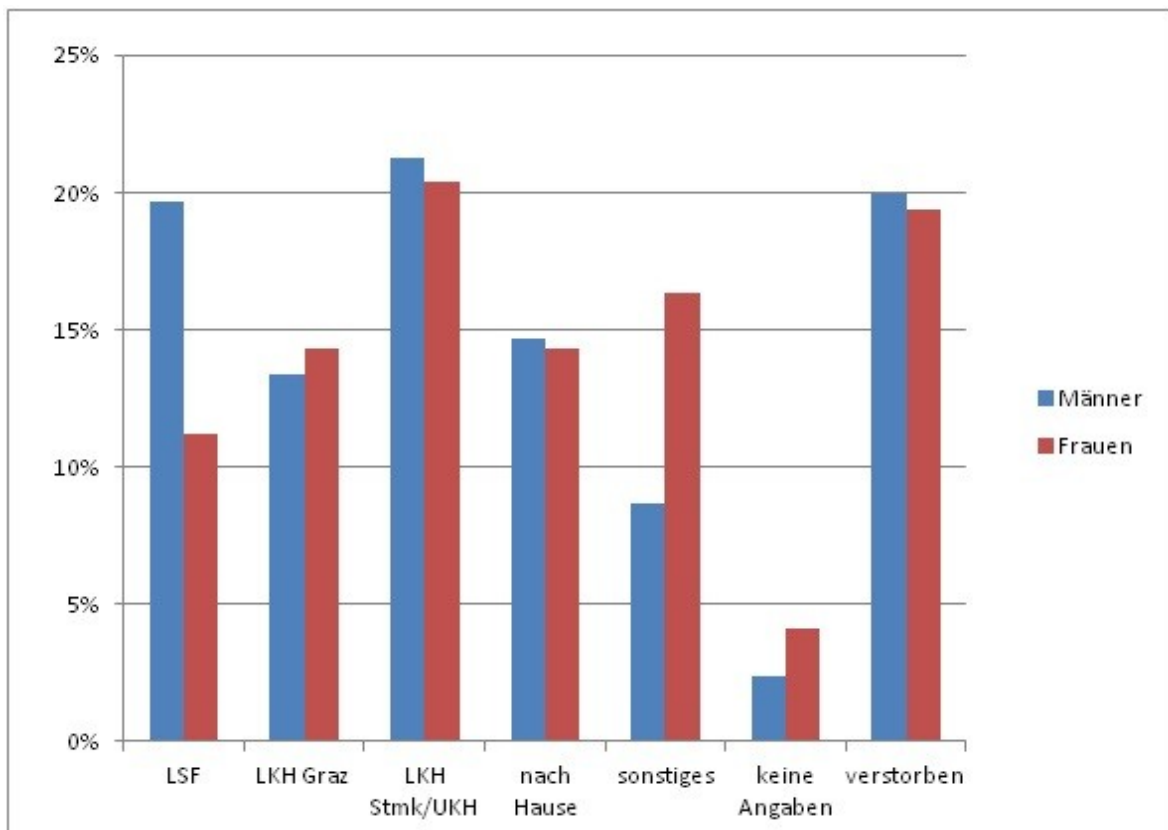


Abbildung 21: Geschlechtsunterschied und Transferziele

#### 4.11. Glasgow Coma Scale am Unfallort

Insgesamt wurde bei 469 Patientinnen und Patienten ein GCS Wert am Unfallort erhoben und dokumentiert. In die Gruppe 13-15 Punkte fielen 36,5 % (171) der Personen. Mit 9-12 Punkten wurden 9,2 % (43) der Patientinnen und Patienten mit erlittenem schwerem Schädel-Hirn-Trauma initial beurteilt. Bei 54,4 % (255) der behandelten Personen wurde ein Wert von 3-8 Punkten vergeben.

Statistisch ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ( $\chi^2_{2, n= 469} = 145.808$ ,  $p < .01$ ).

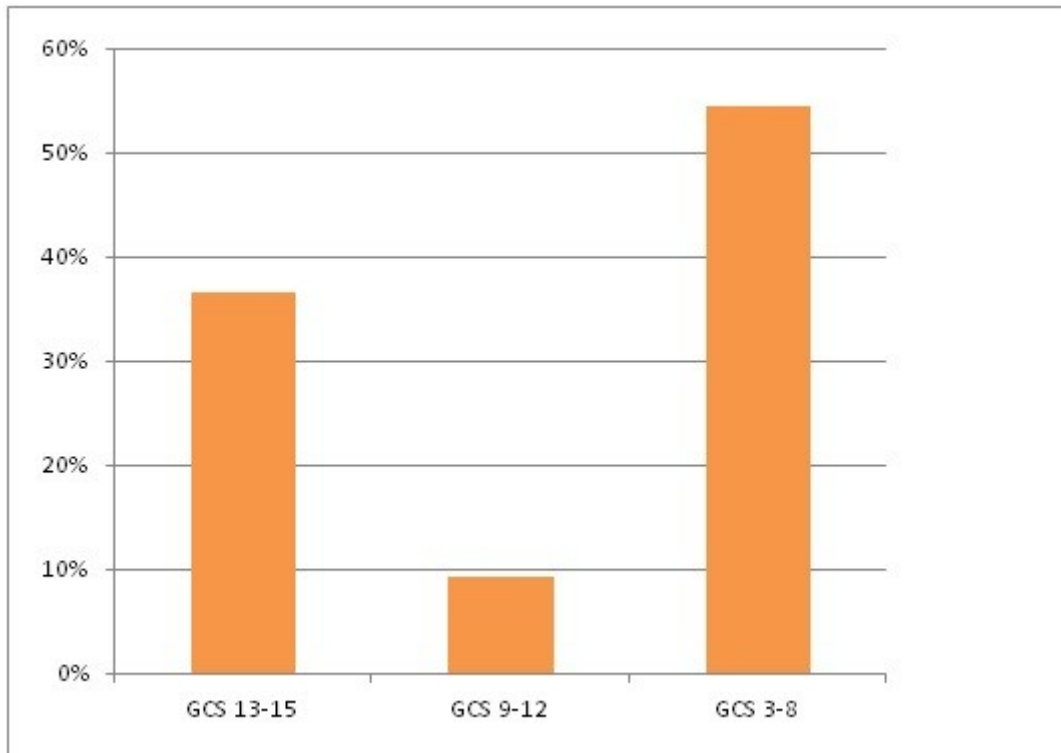


Abbildung 22: GCS am Unfallort

### ***Geschlechtsunterschied und GCS am Unfallort***

Es wurden insgesamt 375 Männer und 94 Frauen ausgewertet. Bei der Untersuchung eines geschlechtsspezifischen Unterschiedes wurden folgende Ergebnisse beobachtet. Bei 36,8 % (138) der Männer und bei 35,1 % (33) der Frauen wurde ein GCS Wert von 13-15 am Unfallort vergeben. Mit 9-12 Punkten wurden 9,3 % (35) der männlichen Patienten und 8,5 % (8) der weiblichen Patientinnen beurteilt. In die Gruppe, die primär mit einem GCS Wert von 3-8 Punkten beurteilt wurde, fielen 53,9 % (202) der Männer und 56,4 % (53) der Frauen. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern konnte nicht gefunden werden ( $\chi^2_{2, n=469} = .202, ns.$ ).

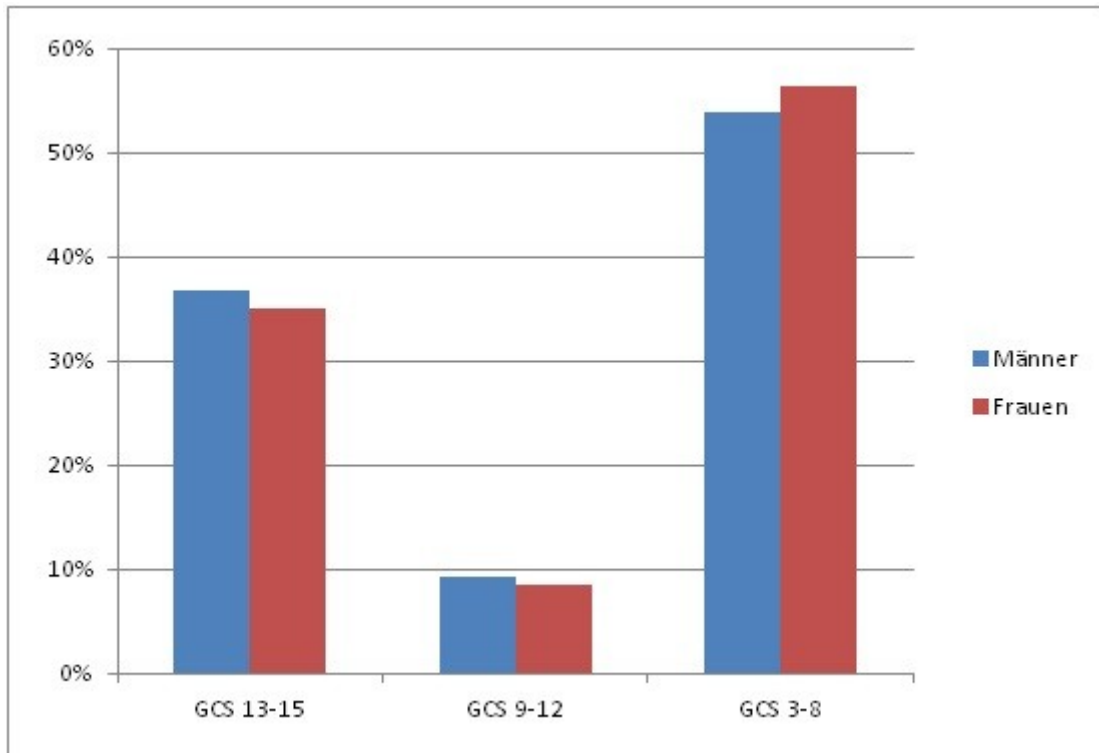
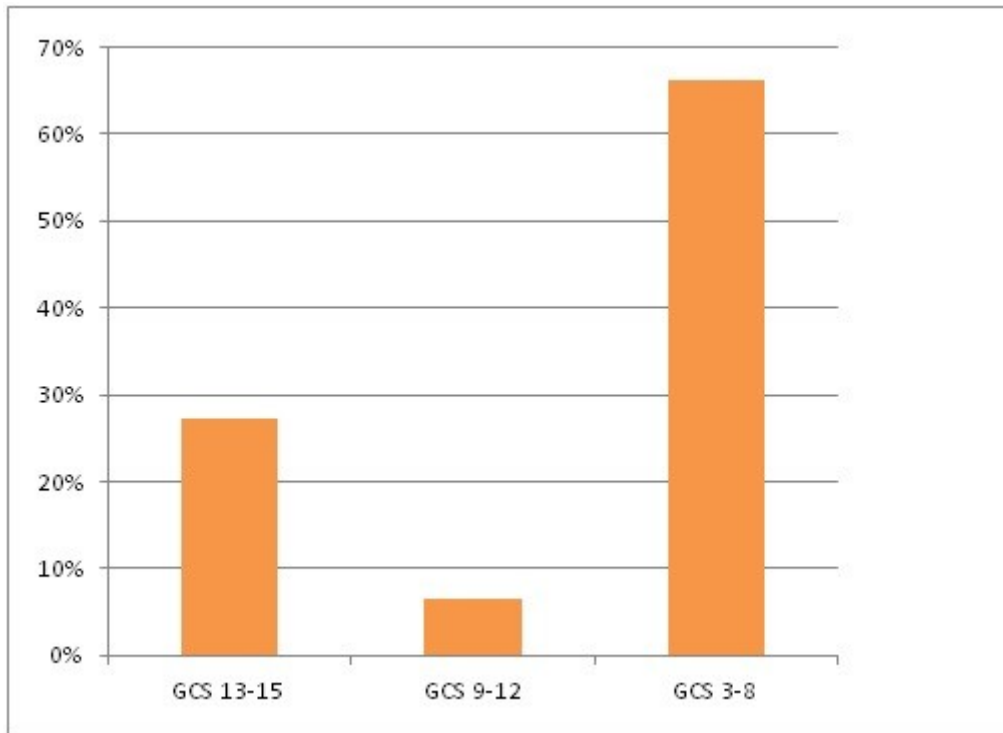


Abbildung 23: Geschlechtsunterschied und GCS am Unfallort

#### 4.12. Glasgow Coma Scale beim Eintreffen im Krankenhaus

Es wurde bei 473 Patientinnen und Patienten ein GCS Wert beim Eintreffen im Krankenhaus erhoben und dokumentiert. In die Gruppe 13-15 Punkte fielen 27,3 % (129) der Personen. Mit 9-12 Punkten wurden 6,6 % (31) der Patientinnen und Patienten beurteilt. Bei 66,2 % (313) der behandelten Personen wurde ein Wert von 3-8 Punkten vergeben.

Statistisch ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ( $\chi^2_{2, n=473} = 260.008, p < .01$ ).



**Abbildung 24: GCS beim Eintreffen im Krankenhaus**

### ***Geschlechtsunterschied und GCS beim Eintreffen im Krankenhaus***

Es wurden 377 Männer und 96 Frauen eingeschlossen. Bei der Betrachtung eines geschlechtsspezifischen Unterschiedes wurden folgende Erkenntnisse gewonnen. Bei 27,6 % (104) der Männer und bei 26 % (25) der Frauen wurde ein GCS Wert von 13-15 vergeben. Mit 9-12 Punkten wurden 6,6 % (25) der männlichen Patienten und 6,2 % (6) der weiblichen Patientinnen beurteilt. Es fielen 65,8 % (248) der Männer und 67,7 % (65) der Frauen in die Gruppe, die mit einem GCS Wert von 3-8 Punkten beim Eintreffen im Krankenhaus beurteilt wurden. Ein statistisch signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied konnte nicht nachgewiesen werden ( $\chi^2_{2, n=473} = .127, ns.$ ).

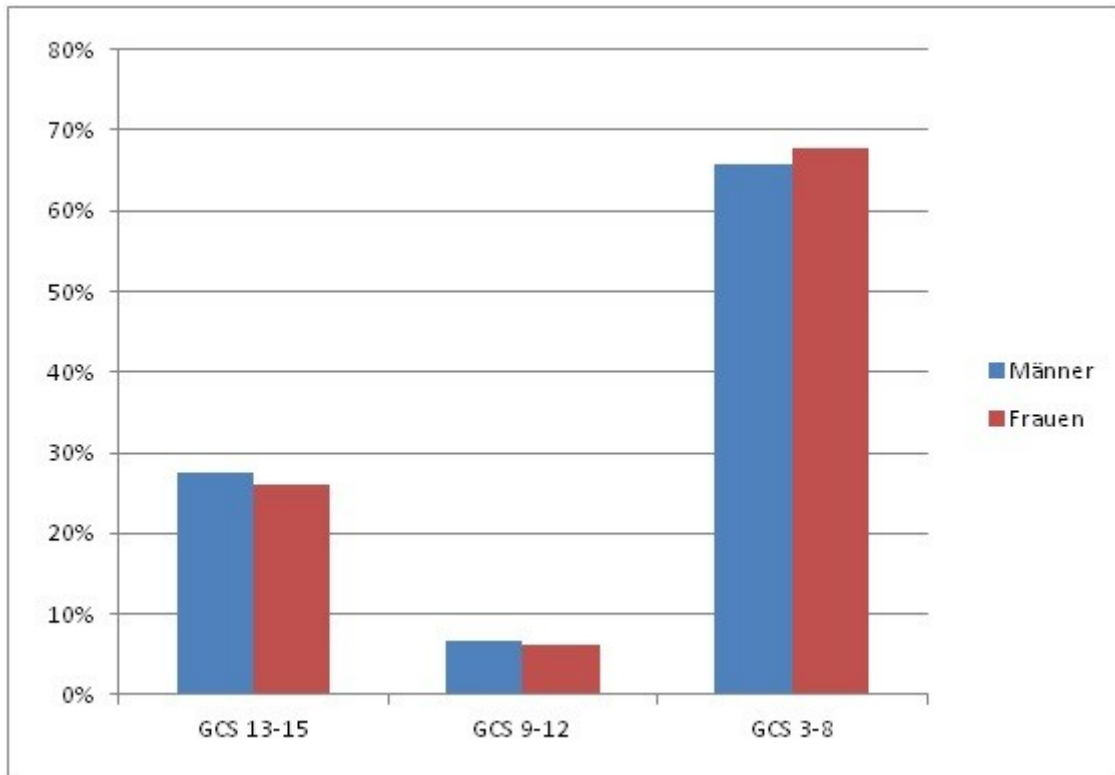


Abbildung 25: Geschlechtsunterschied und GCS beim Eintreffen im Krankenhaus

#### 4.13. Zusatzverletzungen

Insgesamt erlitten 49,8 % der behandelten Patientinnen und Patienten auf der neurochirurgischen Intensivstation ein isoliertes schweres Schädel-Hirn-Trauma. In 22,1 % (105) der Fälle wurde das Schädel-Hirn-Trauma im Rahmen eines Polytraumas diagnostiziert. 13,9 % (66) der Frauen und Männer erlitten zusätzlich zu Schädel-Hirn-Verletzungen ein Gesichtsschädeltrauma und 8,6 % (41) ein Thoraxtrauma. Bei 4 % (19) der Patientinnen und Patienten wurde auch ein Extremitätentrauma dokumentiert und bei 0,6 % (3) eine Beckenverletzung. 1,1 % (5) erlitten ein sonstiges zusätzliches Trauma. Die beobachteten Häufigkeiten weichen von den erwarteten signifikant ab ( $\chi^2_{6, n=476} = 606.735, p < .01$ ).

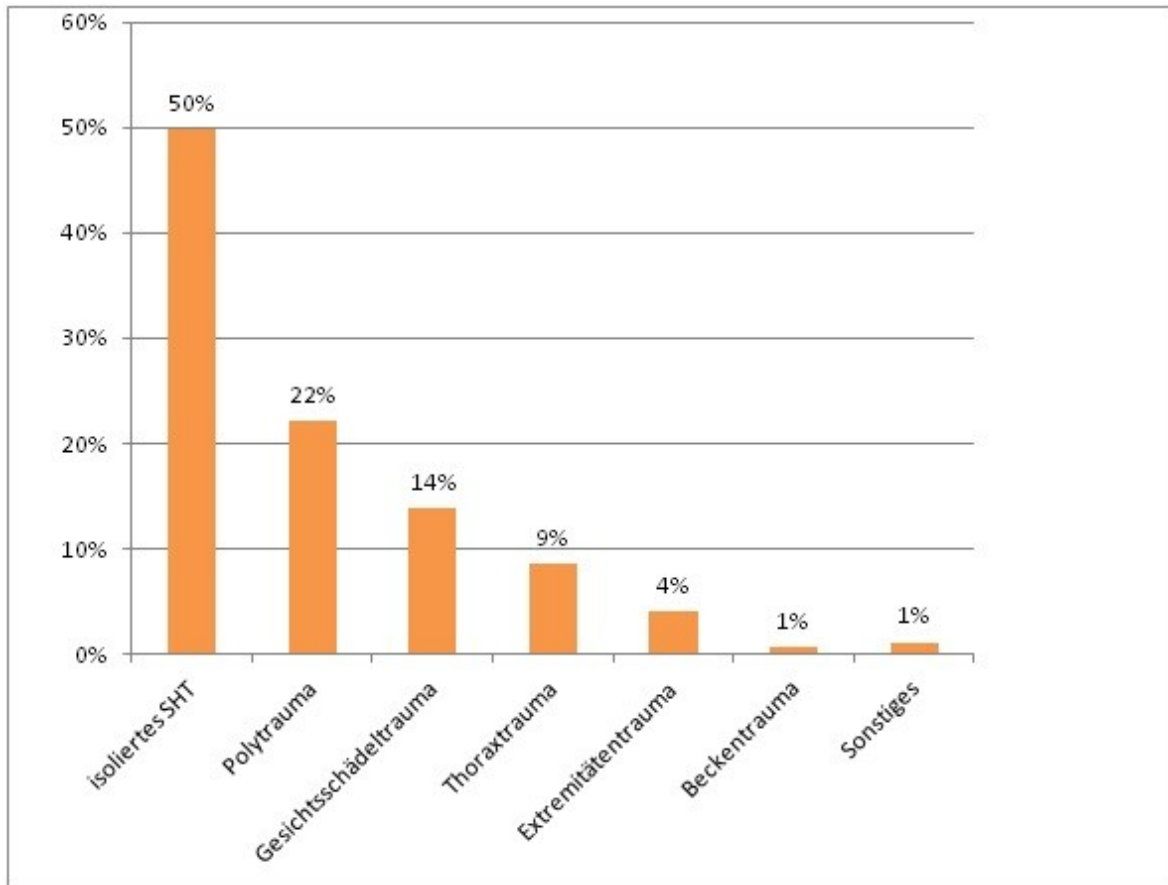


Abbildung 26: Zusatzverletzungen

### ***Geschlechtsunterschied und Zusatzverletzungen***

Beim isolierten Schädel-Hirn-Trauma liegt kein signifikanter Geschlechtsunterschied vor. 50 % (189) der männlichen Patienten und 49 % (48) der weiblichen Patientinnen erleiden ein solches. Ein Polytrauma wurde bei 22,5 % (85) der Männer und bei 20,4 % (20) der behandelten Frauen diagnostiziert. 13,5 % (51) der Patienten und 15,3 % (15) der Patientinnen erlitten zusätzlich zum Schädel-Hirn-Trauma ein Gesichtsschädeltrauma und 8,2 % (31) der Männer und 10,2 % (10) der Frauen ein Thoraxtrauma. Bei 0,6 % (3) der männlichen Patienten und bei keiner weiblichen Patientin wurde ein Beckentrauma diagnostiziert. In die Gruppe der sonstigen Verletzungen fielen 0,8 % (3) der Männer und 2 % (2) der Frauen. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte bei dieser Auswertung nicht gefunden werden ( $\chi^2_{6, n=476} = 2.914, ns.$ ).

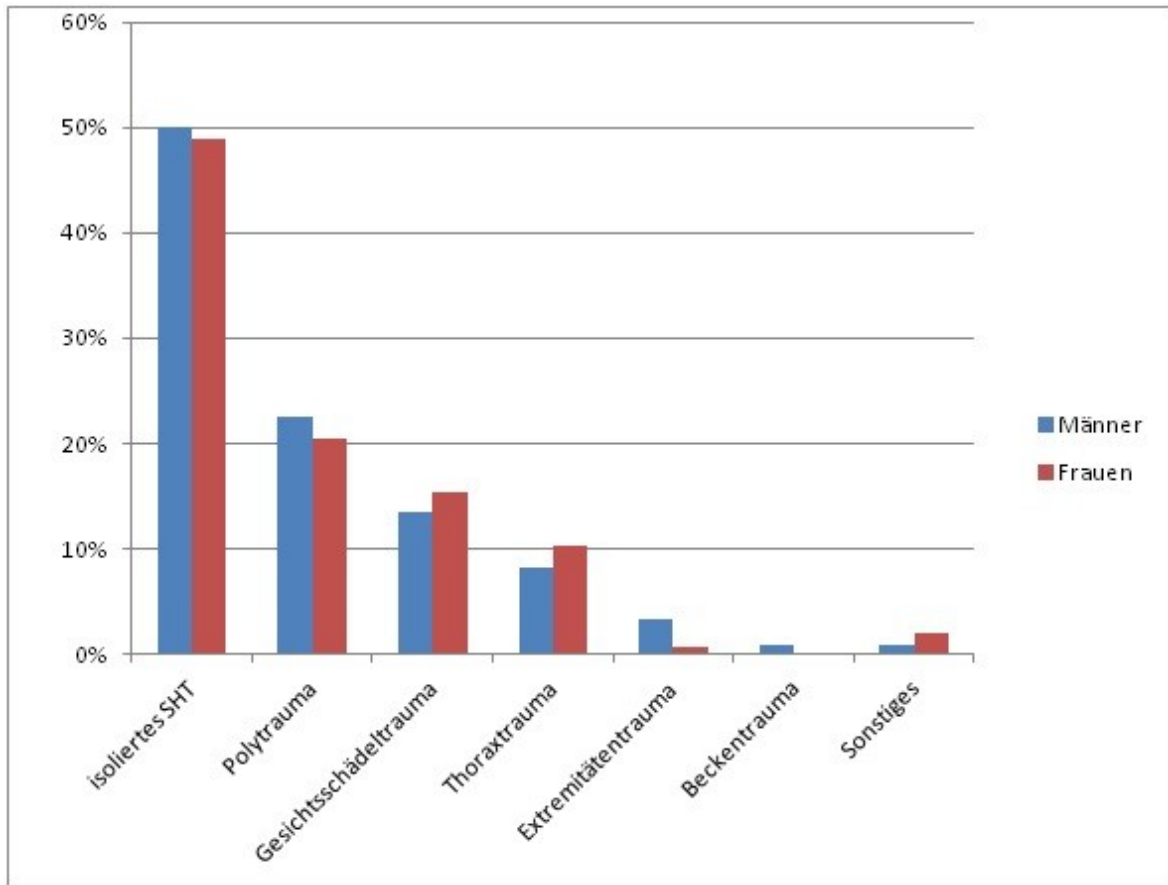


Abbildung 27 Geschlechtsunterschied und Zusatzverletzungen

## 5. Diskussion

Diese Arbeit hatte zum Ziel geschlechtsspezifische Unterschiede zwischen Frauen und Männern, die ein schweres Schädel-Hirn-Trauma erlitten haben, herauszufinden.

Wie schon in anderen Studien gezeigt, lassen sich Unterschiede hinsichtlich mehrerer Parameter auch statistisch nachweisen.(15, 21, 26, 41, 42)

Es zeigte sich zum einen ein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit des Auftretens eines Schädel-Hirn-Traumas zwischen Frauen und Männern, denn in der Stichprobe waren 80 % der Patienten männlich. Das heißt, dass wesentlich häufiger Männer als Frauen behandelt werden. In vergleichbaren österreichweiten Studien, wie zum Beispiel bei Mauritz et al. (2014) oder bei Rosso et al. (2007) wird der Anteil der Männer mit 60 % bzw. 72 % angegeben.(21, 26) Das heißt, dass der Unterschied in unserem Patientenkollektiv deutlich ausgeprägter ist.

Das Durchschnittsalter zum Unfallzeitpunkt war bei Frauen 48,9 Jahre und bei Männern 43,8 Jahre. Es ergibt sich ein Geschlechtsunterschied von durchschnittlich 5,1 Jahren, was bedeutet, dass Frauen wesentlich später im Leben ein Schädel-Hirn-Trauma erleiden als Männer und dadurch zum Behandlungszeitpunkt deutlich älter sind. Diese Ergebnisse entsprechen auch den Daten aus anderen Arbeiten, wobei der Unterschied bei der Studie von Mauritz et al. (2014) mit einem Durchschnittsalter von 49,5 Jahren bei Frauen und 40,9 Jahren bei Männern noch deutlicher ausfällt.(21) Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse aus einer Studie aus Neuseeland von Feigin et al. aus dem Jahr 2013. Hier wird das Durchschnittsalter mit 38,7 Jahren angegeben und beschrieben, dass 70 % der Patientinnen und Patienten jünger als 35 Jahre alt sind. Ein möglicher Grund hierfür ist das niedrigere Durchschnittsalter der Bevölkerung in Neuseeland.(15)

In unserer Studie wurde herausgefunden, dass Personen, die Zuhause ein schweres Schädel-Hirn-Trauma erleiden, mit 29 % die größte Gruppe darstellen. Diese Daten decken sich auch mit den Erkenntnissen aus Vergleichsstudien, wie zum Beispiel bei Rosso et al. (2007) und Mauritz et al. (2014) denn hierbei finden sich Angaben von 24 % bzw. 30,9 % in dieser Gruppe. Ebenso ähnlich sind die Ergebnisse in der Gruppe der Verkehrsunfälle. In unserer Studie erleiden insgesamt 40 % der Patientinnen und Patientinnen aufgrund eines Verkehrsunfalles ein schweres Schädel-Hirn-Trauma. Bei der Arbeit von Rosso et al. (2007) waren es 50 %.(21, 26)

In unserem Patientenkollektiv zogen sich 14 % der Patientinnen und Patienten ein schweres Schädel-Hirn-Trauma bei einem Arbeitsunfall zu. Im Vergleich mit anderen Studien ist dieser Anteil sehr hoch, denn bei der Arbeit von Rosso et al. (2007) fallen nur 7 % der Personen in diese Gruppe.(26)

Betrachtet man den geschlechtsspezifischen Unterschied, wird deutlich, dass sich eindeutig mehr Männer ein schweres Schädel-Hirn-Trauma bei einem Arbeitsunfall zuziehen. Dies geht auch aus der Studie von Mauritz et al. (2014) hervor, denn auch hier waren die Zahlen bei Männern mehr als doppelt so hoch.(21)

In der Untersuchung der Hauptdiagnosen zeigte sich ein signifikanter Unterschied beim epiduralen Hämatom. Diese Diagnose erhielten wesentlich mehr Männer im Gegensatz zu Frauen. Dieses Ergebnis konnte in der österreichweiten Studie von Mauritz et al. (2014) nicht nachgewiesen werden, hier wurde diese Diagnose bei Männern nicht signifikant häufiger gestellt.(21)

Auf der Intensivstation verstarben insgesamt 19,8 % der behandelten Personen nach einem erlittenen schweren Schädel-Hirn-Trauma. Im Gegensatz dazu wird die Intensivstations-Mortalität in der österreichweiten Studie von Rusnak et al. vom Jahr 2007 mit 31,6 % angegeben. Eine mögliche Begründung für die höhere Mortalitätsrate könnte auch ein anderer Erhebungszeitraum sein, denn in dieser

Studie wurden Patientinnen und Patienten in den Jahren von 1999 bis 2004 erfasst. Seither kam es zu wesentlichen Änderungen in der intensivmedizinischen Behandlung.(42)

In der Arbeit wurde auch der Unfallzeitpunkt, bei dem ein schweres Schädel-Hirn-Trauma erlitten wurde, analysiert. Zwischen den einzelnen Monaten gibt es keinen signifikanten Unterschied. Betrachtet man den Unfallzeitpunkt in den verschiedenen Jahreszeiten, verunglücken mit 29,9 % wesentlich mehr Personen im Sommer. Dieser signifikante Unterschied konnte in anderen Studien, wie beispielsweise in der Arbeit von Mauritz et al. (2014) nicht nachgewiesen werden. Hierbei verteilen sich die Häufigkeiten gleichmäßig auf die vier Jahreszeiten. Ein Geschlechterunterschied hinsichtlich des Unfallzeitpunktes wurde ebenso wie in dieser Arbeit nicht gefunden.(21) Erwartungsgemäß gibt es eine deutliche Häufung von Motorradunfällen in den Sommermonaten. Es verunglückt im Frühjahr nur etwa die Hälfte der Personen mit dem Motorrad als im Sommer.

Bei einer Betrachtung des am Unfallort erhobenen Glasgow Coma Scales zeigt sich, dass mit 54,4 % am häufigsten ein Wert zwischen drei und acht Punkten vergeben wird. Am zweithäufigsten (36,5 %) Personen in die Kategorie 13-15 Punkte eingeteilt und am wenigsten mit 9,2 % wird die Kategorie 9-12 Punkte vergeben. Ein Unterschied zwischen Frauen und Männern wurde nicht gefunden. Diese Erkenntnisse gleichen denen aus einer niederländischen Studie von Franschman et al. (2009), denn auch hier wurde mit 55 % am häufigsten ein GCS Wert von 3-8 Punkten vom Notarzt am Unfallort vergeben.(43)

Nach dem Eintreffen im Krankenhaus wurde der erhobene Wert des Glasgow Coma Scales ebenfalls ausgewertet. Zwischen den Gruppen ergab sich hierbei ein signifikanter Unterschied. Am häufigsten wird im Krankenhaus ebenfalls ein Wert von drei bis acht Punkten vergeben. Frauen und Männer werden hierbei gleich beurteilt.

In der Analyse der Zusatzverletzungen wurde herausgefunden, dass Patientinnen und Patienten am häufigsten mit einem isolierten Schädel-Hirn-Trauma auf der Intensivstation behandelt werden. Ein Polytrauma erleiden die Personen am zweithäufigsten gefolgt von Gesichtsschädelverletzungen, Thoraxtrauma, Becken- und Extremitätentrauma. In der Untersuchung hinsichtlich eines Unterschiedes zwischen Frauen und Männern sind die Häufigkeiten statistisch gleich verteilt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass vor allem beim Alter, der Ätiologie und bei der Diagnose geschlechtsspezifische Unterschiede nachgewiesen werden konnten. Diese Erkenntnisse decken sich im Wesentlichen mit den schon bekannten Vergleichsstudien.

Diese Ergebnisse könnten in Zusammenschau mit anderen Erkenntnissen der modernen Gendermedizin hinsichtlich einer geschlechterspezifischen Behandlung wertvoll sein. Bei der Erstellung von zukünftigen Guidelines für die unterschiedliche Versorgung von Frauen und Männern mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma können diese Erkenntnisse mit einfließen und so für zukünftige Behandlungsstrategien und Behandlungsabläufe von Bedeutung sein. Selbstverständlich sollte in Zukunft auch vermehrt auf die Prävention eines Schädel-Hirn-Traumas geachtet werden, denn gerade bei Unfällen im Haushalt und bei älteren Personen spielt die Sturzprophylaxe eine große Rolle. Aufgrund der vergleichsweise hohen Anzahl der Arbeitsunfälle in unserem Patientenkollektiv könnte auch eine genaue Evaluierung dieser helfen, die Arbeitssicherheit noch weiter zu erhöhen und somit eine Reduzierung des schweren Schädel-Hirn-Trauma zu bewirken.

## Literaturverzeichnis

1. Pape HC, Kurtz A, Sibernagl F. Physiologie: Thieme; 2014.
2. Halwachs-Baumann G. Präanalytik. Labormedizin: Springer Vienna; 2011. p. 9-31.
3. Acciarresi M, De Luca P, Caso V, Agnelli G, D'Amore C, Alberti A, et al. Acute Stroke Symptoms: Do Differences Exist between Sexes? *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2014;23(10):2928-33.
4. Gibson CL. Cerebral ischemic stroke: is gender important? *J Cereb Blood Flow Metab.* 2013;33(9):1355-61.
5. Reeves MJ, Bushnell CD, Howard G, Gargano JW, Duncan PW, Lynch G, et al. Sex differences in stroke: epidemiology, clinical presentation, medical care, and outcomes. *Lancet Neurol.* 2008;7(10):915-26.
6. Fillingim R. Sex, gender, and pain: Women and men really are different. *Current Review of Pain.* 2000;4(1):24-30.
7. Fillingim RB, King CD, Ribeiro-Dasilva MC, Rahim-Williams B, Riley JL. Sex, Gender, and Pain: A Review of Recent Clinical and Experimental Findings. *J Pain.* 2009;10(5):447-85.
8. Girard-Tremblay L, Auclair V, Daigle K, Leonard G, Whittingstall K, Goffaux P. Sex differences in the neural representation of pain unpleasantness. *J Pain.* 2014;15(8):867-77.
9. Greil H. Patterns of sexual dimorphism from birth to senescence. *Coll Antropol.* 2006;30(3):637-41.
10. Greenspan JD, Craft RM, LeResche L, Arendt-Nielsen L, Berkley KJ, Fillingim RB, et al. Studying sex and gender differences in pain and analgesia: A consensus report. *Pain.* 2007;132(Suppl 1):S26-45.
11. Morris ME, Lee HJ, Predko LM. Gender differences in the membrane transport of endogenous and exogenous compounds. *Pharmacol Rev.* 2003;55(2):229-40.
12. Mode A, Gustafsson JA. Sex and the liver - a journey through five decades. *Drug Metab Rev.* 2006;38(1-2):197-207.
13. Gandhi M, Aweeka F, Greenblatt RM, Blaschke TF. Sex differences in pharmacokinetics and pharmacodynamics. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 2004;44:499-523.
14. Langlois JA, Rutland-Brown W, Wald MM. The epidemiology and impact of traumatic brain injury: a brief overview. *J Head Trauma Rehabil.* 2006;21(5):375-8.
15. Feigin VL, Theadom A, Barker-Collo S, Starkey NJ, McPherson K, Kahan M, et al. Incidence of traumatic brain injury in New Zealand: a population-based study. *The Lancet Neurology.* 12(1):53-64.
16. Piek J. Schädel-Hirn-Trauma. *Notfall & Rettungsmedizin.* 2002;5(4):309-18.
17. Ghajar J. Traumatic brain injury. *The Lancet.* 2000;356(9233):923-9.

18. Gesundheit Bf. Optimierung der Erstversorgung von Patientinnen und Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma in Österreich 2013 [cited 2015 18.01.]. Available from: [http://bmg.gv.at/home/Schwerpunkte/Krankheiten/Nichtuebertragbare\\_Krankheiten/Schaedel\\_Hirn\\_Trauma](http://bmg.gv.at/home/Schwerpunkte/Krankheiten/Nichtuebertragbare_Krankheiten/Schaedel_Hirn_Trauma).
19. Uhl E, Tonn J-C. Schädel-Hirn-Trauma. In: Jauch K-W, Mutschler W, Hoffmann JN, Kanz K-G, editors. Chirurgie Basisweiterbildung: Springer Berlin Heidelberg; 2013. p. 583-91.
20. Menon DK, Schwab K, Wright DW, Maas AI. Position statement: definition of traumatic brain injury. Arch Phys Med Rehabil. 2010;91(11):1637-40.
21. Mauritz W, Brazinova A, Majdan M, Leitgeb J. Epidemiology of traumatic brain injury in Austria. Wiener klinische Wochenschrift. 2014;126(1-2):42-52.
22. Heim C, Schoettker P, Spahn DR. Glasgow Coma Score für den Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma. Der Anaesthesist. 2004;53(12):1245-56.
23. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. Lancet. 1974;2(7872):81-4.
24. Peitzmann A, B, Rhodes M, Schwab C, William, Yealy D, M, Fabian T, C. The Trauma Manual, Second Edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
25. Guidelines for the management of severe head injury. Brain Trauma Foundation, American Association of Neurological Surgeons, Joint Section on Neurotrauma and Critical Care. J Neurotrauma. 1996;13(11):641-734.
26. Rosso A, Brazinova A, Janciak I, Wilbacher I, Rusnak M, Mauritz W, et al. Severe traumatic brain injury in Austria II: epidemiology of hospital admissions. Wiener klinische Wochenschrift. 2007;119(1-2):29-34.
27. Stocker R, Bürgi U, Keller E, Imhof HG. Akute Schädel-Hirn-Verletzung Pathophysiologie, Monitoring und Therapie. Der Anaesthesist. 2000;49(10):913-26.
28. Maas AIR, Stocchetti N, Bullock R. Moderate and severe traumatic brain injury in adults. The Lancet Neurology. 2008;7(8):728-41.
29. Wolf JA, Stys PK, Lusardi T, Meaney D, Smith DH. Traumatic axonal injury induces calcium influx modulated by tetrodotoxin-sensitive sodium channels. J Neurosci. 2001;21(6):1923-30.
30. Stolke D, Seifert V. Aus neurochirurgischer Sicht: Intrakranielle Blutungen. Dtsch Arztebl International. 1988;85(40):2751-7.
31. Servadei F, Murray GD, Teasdale GM, Dearden M, Iannotti F, Lapierre F, et al. Traumatic subarachnoid hemorrhage: demographic and clinical study of 750 patients from the European brain injury consortium survey of head injuries. Neurosurgery. 2002;50(2):261-7; discussion 7-9.
32. Metz C, Taeger K. Schädelhirntrauma und zerebrale Hypoxie Diagnostik – Monitoring – Therapie. Der Anaesthesist. 2000;49(4):332-9.

33. Zweckberger K, Sakowitz OW, Unterberg AW, Kiening KL. Intracranial pressure-volume relationship. Physiology and pathophysiology. *Anaesthesist*. 2009;58(4):392-7.
34. Werner C, Engelhard K. Pathophysiology of traumatic brain injury. *Br J Anaesth*. 2007;99(1):4-9.
35. Rosenfeld JV, Maas AI, Bragge P, Morganti-Kossmann MC, Manley GT, Gruen RL. Early management of severe traumatic brain injury. *The Lancet*. 2012;380(9847):1088-98.
36. Pannen BH, Loop T. Evidence-based intensive care treatment of intracranial hypertension after traumatic brain injury. *Anaesthesist*. 2005;54(2):127-36.
37. Ketter R. Die Therapie des schweren SHT Homburg: Universitätsklinikum des Saarlandes; 2012. Available from: [http://www.uniklinikum-saarland.de/fileadmin/UKS/Einrichtungen/Kliniken\\_und\\_Institute/Neurochirurgie/PDF/Lehre/Lehrbeauftragter/2013/Die\\_Therapie\\_des\\_schweren\\_SHT.pdf](http://www.uniklinikum-saarland.de/fileadmin/UKS/Einrichtungen/Kliniken_und_Institute/Neurochirurgie/PDF/Lehre/Lehrbeauftragter/2013/Die_Therapie_des_schweren_SHT.pdf).
38. Becker DP, Miller JD, Ward JD, Greenberg RP, Young HF, Sakalas R. The outcome from severe head injury with early diagnosis and intensive management. *J Neurosurg*. 1977;47(4):491-502.
39. Chesnut RM, Marshall LF, Klauber MR, Blunt BA, Baldwin N, Eisenberg HM, et al. The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. *J Trauma*. 1993;34(2):216-22.
40. Marshall LF, Gattille T, Klauber MR, Eisenberg HM, Jane JA, Luerssen TG, et al. The outcome of severe closed head injury. *Special Supplements*. 1991;75(1s):S28-S36.
41. Brazinova A, Mauritz W, Majdan M, Rehorcikova V, Leitgeb J. Fatal traumatic brain injury in older adults in Austria 1980-2012: an analysis of 33 years. *Age Ageing*. 2014.
42. Rusnak M, Janciak I, Majdan M, Wilbacher I, Mauritz W, Australian Severe TBISI. Severe traumatic brain injury in Austria I: introduction to the study. *Wiener klinische Wochenschrift*. 2007;119(1-2):23-8.
43. Franschman G, Peerdeman SM, Greuters S, Vieveen J, Brinkman ACM, Christiaans HMT, et al. Prehospital endotracheal intubation in patients with severe traumatic brain injury: Guidelines versus reality. *Resuscitation*. 2009;80(10):1147-51.