

**Universität Ulm
Abteilung für Neurochirurgie
Prof. Dr. C. R. Wirtz**

**Die Epidemiologie und Prävention der Schädel-Hirn-Verletzung
im Kindesalter**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen Fakultät der
Universität Ulm

vorgelegt von:

Andrej Paľa
Poprad, Slowakei
2015

Amtierender Dekan: Prof. Dr. rer. nat. Thomas Wirth

Berichterstatter: PD Dr. med. Thomas Kapapa

Mitberichterstatter: PD Dr. med. Alexandre Serra

Tag der Promotion: 21.10.2016

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1. Einleitung.....	1
2. Patienten und Methodik	6
3. Ergebnisse	9
4. Diskussion.....	23
5. Zusammenfassung.....	30
6. Literaturverzeichnis	31
Danksagung.....	34
Lebenslauf.....	35

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADHS	Die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung
CCT	Computertomographie des Neurocraniums
CT	Computertomographie
EDH	Epidurales Hämatom
DTI	Diffusion tensor imaging (Diffusions-Tensor-Bildgebung)
DWI	Diffuse weighted imaging (diffusionsgewichtete Magnetresonanztomographie)
Extr.	Extremitäten
FLAIR	fluid attenuated inversion recovery (lange Inversionszeit zur Unterdrückung des Flüssigkeitssignals)
ICD	International classification of diseases (Internationale Klassifikation der Krankheiten)
GCS	Glasgow-Coma-Sale
GOS	Glasgow-Outcome-Scale
mRS	modified Rankin Scale
MRT	Kernspintomographie
SDH	Subduralhämatom
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
WS	Wirbelsäule
Tab.	Tabelle

1. Einleitung

1.1 Definition und Epidemiologie der Schädel-Hirn-Verletzung

Das Schädel-Hirn-Trauma ist definiert als Folge einer Gewalteinwirkung, die zu einer Funktionsstörung und/oder Verletzung des Gehirns führt und mit einer Prellung oder Verletzung der Kopfschwarte, des knöchernen Schädels, der Gefäße und/oder Dura verbunden sein kann. Eine Verletzung des Kopfes ohne Hirnfunktionsstörung oder Verletzung des Gehirns wird als Schädelprellung bezeichnet [8].

Die Schädel-Hirn-Verletzung stellt ein signifikantes medizinisches, soziales und wirtschaftliches Problem dar. Die Verletzung des Gehirns ist eine der häufigsten Todesursache in vielen Populationen unter 45 Jahren [15,21,27]. Außerdem resultiert das SHT in dieser Altersgruppe oft in einer körperlichen und/oder geistigen Behinderung. Das wirtschaftliche Leistungspotenzial dieser sozial aktiven Altersgruppe wird dadurch reduziert und gleichzeitig beeinträchtigt dies die ökonomische Entwicklung der Gesellschaft [13,21,27].

In der Literatur wird die Inzidenz der Schädel-Hirn-Verletzung im Kindesalter mit unterschiedlichen Ergebnissen angegeben. Rickels et al. zeigte, dass durchschnittlich 332 Patienten pro 100 000 Einwohner aufgrund eines Schädel-Hirn-Traumas behandelt werden müssten [26,27]. Die hieraus hochgerechneten Kosten betragen ca. 2,8 Milliarden Euro pro Jahr [26,27]. In der Population unter 16 Jahren wird die Inzidenz von 581 pro 100 000 Einwohner angegeben [26,27]. Kinder unter 6 Jahren weisen jedoch eine deutlich höhere Inzidenz von 721 pro 100 000 Einwohnern auf [26,27]. Im Vergleich dazu beschreibt Kraus et al. eine Inzidenz von 230 pro 100 000 Einwohner im Alter unter 16 Jahren [16]. Keenan et al. stellt bei den Kindern unter 4 Jahren die Inzidenz von 80 pro 100 000 Einwohner fest [15]. Eine schwedische epidemiologische Studie zeigt im Gegenteil eine viel geringere Inzidenz von 12 Verletzten pro 100 000 in der Population unter 17 Jahren [6]. Das SHT wird in dieser letzten Publikation als Bewusstlosigkeit von ≥ 60 min und/oder neurologische Ausfallerscheinung und/oder radiologische Zeichen einer Hirnparenchymverletzung definiert [6]. Dadurch werden die leichten Schädel-Hirn-Verletzungen mit der Dauer der Bewusstlosigkeit unter einer Stunde nicht erfasst. Parslow et al. erfasste die Epidemiologie der traumatischen Schädel-Hirn-Verletzungen in Großbritannien [24]. Hier wurden Kinder zwischen 0 und 14 Jahren untersucht. Das entscheidende Einschlusskriterium war ein diagnostiziertes SHT aufgrund des

Aufnahmebefundes [24]. Diese Angaben zur Selektion sind jedoch nicht näher spezifiziert worden.

Zusammenfassend lässt sich zeigen, dass die unterschiedlichen Altersgruppen und nicht einheitliche Definition der Einschluss- und Ausschlusskriterien die objektive Darstellung und den Vergleich der epidemiologischen Daten erheblich erschweren.

1.2 Besonderheiten des Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter

Das Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter ist im Vergleich zu denen im Erwachsenenalter durch einige Besonderheiten gekennzeichnet [2,3]. In der Regel erleiden die meisten Kinder (über 90 %) ein leichtes SHT [22]. Die Folgen einer solchen Gehirnverletzung sind mit verschiedenen Komplikationen verbunden. Dazu zählen z.B. kognitive Leistungsminderungen mit Konzentrationsstörung, Gedächtnisstörung, Aufmerksamkeitsstörungen, aber auch Krampfanfälle und soziale Anpassungsstörungen [12,14]. In der akuten Phase der Behandlung sind diese Folgen nicht abzuschätzen. Sie bleiben oft unbemerkt und können zur deutlichen psychologischen und edukativen Entwicklungsverzögerung des Kindes führen. Beispielsweise können Ansprüche in der Schule die kognitive Fähigkeiten des verletzten Kindes überfordern [12,13]. Die daraus resultierende Unzufriedenheit und Frustration der Umgebung und des Kindes selbst potenziert ein Circulus vitiosus. Darüber hinaus sind auch emotionale Defizite wie z.B. pathologische Labilität oder Apathie möglich [2,3,12]. Unangemessene Reaktionen in einem Kinderkollektiv führen zur sozialen Isolation, die wieder die psychologische Entwicklung des Kindes deutlich negativ beeinflussen. Aufgrund dessen kann ein leichtes SHT mit einem günstigen klinischen Verlauf bei kognitiver oder psychosozialer Störung auf Dauer zur erheblichen Beeinträchtigung im Alltag des Kindes beitragen [2,3].

Auf der anderen Seite ist die Prognose einer schweren Hirnverletzung im Kindesalter schwer abzuschätzen. Kinder mit ausgeprägter morphologischer und physiologischer Hirnfunktionsstörung, als Folge eines SHT, können bei rascher Notfallversorgung mit anschließender Rehabilitation eine gute Prognose aufweisen. Im Vergleich zu Erwachsenen zeigen die Flexibilität und Regeneration des kindlichen Gehirns ein viel höheres Potenzial. Die sensorische Wahrnehmung aber auch motorische, sprachliche und intellektuelle Fähigkeiten können durch gezieltes Training deutlich verbessert werden. Die Entwicklungsplastizität führt zur organisierten synaptischen Vernetzung und ist bei Kindern besonders aktiv. Dadurch werden geschädigte neuronale Verbindungen ersetzt [4].

Die Mechanismen der zerebralen Reorganisation konnten sogar mit nicht-invasiven bildgebenden Verfahren nachgewiesen werden [10,30].

1.3 Bildgebende Diagnostik und Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter

Die rasche Entwicklung der neuen bildgebenden Modalitäten wie Computertomographie und Kernspintomographie ermöglichen eine detaillierte Darstellung der intrakraniellen Strukturen [28]. Eine Computertomographie stellt im Traumamanagement ein schnelles und verlässliches diagnostisches Mittel dar [20]. Dadurch kann nach einem schweren Unfall unverzüglich eine intrazerebrale Verletzung oder eine Fraktur diagnostiziert werden und die notwendigen Therapieschritte eingeleitet werden. Gleichzeitig wird auch eine Verletzung der Halswirbelsäule oder anderen Körperareale rasch ausgeschlossen. Die Anwendung dieses Verfahrens ist jedoch mit einer Strahlenbelastung verbunden. Dieses Risiko muss besonders im Kindesalter in Betracht gezogen werden und bei Indikationsstellung abgewogen werden [28].

Das leichte SHT geht oft mit kurzfristiger Funktionsstörung des Gehirns ohne entsprechendes morphologisches Korrelat einher [12,13]. Eine engmaschige neurologische Überwachung stellt eine wichtige diagnostische Option dar, die die Notwendigkeit für eine CT-Bildgebung minimieren und gleichzeitig dieses Verfahren für den Fall einer neurologischen Verschlechterung vorbehalten kann [13,22]. Dadurch werde zum einen das Risiko der unnötigen Bestrahlung und zum anderen auch die Kosten reduziert.

Kernspintomographie bietet eine sichere Alternative für Darstellung intrazerebralen Strukturen ohne Strahlungsbelastung. Darüber hinaus ermöglicht dieses Verfahren vor allem bessere Auflösung und genauere Abbildung der Morphologie weicher Hirnstrukturen [1]. Die neuen Sequenzen (DWI, DTI) können detailliert auch kleine diffuse Hirnverletzungen darstellen [1]. Bei Kindern unter 5 Jahren ist jedoch meistens eine Intubationsnarkose erforderlich. Dieses Vorgehen ist mit zusätzlichen Risiken verbunden und die Indikation soll in jedem Einzelfall abgewogen werden. Mittels MRT werden auch kleinere Läsionen, wie z.B. diffuse Scherverletzungen identifiziert. Nach einem SHT können solche Läsionen in CT-Aufnahmen unentdeckt bleiben. An dieser Stelle bietet die MRT-Diagnostik bessere Abschätzung der Prognose bei unterschiedlichen Verletzungsmustern im Bereich des Hirnstamms [9,10,18].

Die MRT-Diagnostik im Kindesalter wird zusätzlich zu radiologischen Kontrollen der nachgewiesenen intrakraniellen Blutungen angewendet, um die Strahlenbelastung zu reduzieren und weitere Komplikationen zu vermeiden. Obwohl die bessere Auflösung der

Weichteile eine detaillierte Darstellung der intrakraniellen Strukturen ermöglicht, ist in der Notfallsituation eine Computertomographie in der Neurotraumatologie weiterhin die Methode der ersten Wahl [20]. Die kurze Zeit der Bildakquise, bessere Darstellung des Knochengewebes und akuten Blutungen sowie schnellere logistische Verführbarkeit unterstreichen die Hauptrolle der Computertomographie in der Diagnostik der Schädel-Hirn-Verletzungen [20].

Eine Sonographie des Neurocraniums führt hauptsächlich bei Kindern unter einem Jahr zur schnellen Diagnostik des SHTs [23]. Die offenen Fontanellen repräsentieren ein gutes Schallfenster und können bei Kindern ohne wesentliche neurologische Ausfallerscheinungen bettseitig leicht und effektiv benutzt werden [23].

1.4 Prävention des Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter

Ein Schädel-Hirn-Trauma lässt sich nicht komplett vermeiden. Das Erkennen des Risikos für ein Trauma kann jedoch signifikant die Anzahl der Schädel-Hirn-Verletzungen reduzieren (primäre Prävention) und die Schwere der Verletzung (sekundäre Prävention) minimieren. Ein weiteres Ziel ist die Vermeidung eines Schädel-Hirn-Traumas nach der ersten Behandlung (tertiäre Prävention). Die Einführung der Kopfstütze und die Pflicht zur Anwendung von Gurten in Personenkraftwagen führte zur signifikanten Reduktion des Schädel-Hirn-Traumas im Straßenverkehr und gleichzeitig zur Bestätigung der Wirksamkeit und Notwendigkeit der Prophylaxe sowie die weitere Umsetzung von neuen Konzepten [7,33,34]. Laut der Ergebnisse des Statistischen Bundesamtes in Deutschland ist die Anzahl der Behandlungen der Schädel-Hirn-Verletzungen in den letzten Jahren jedoch steigend [32]. Durch diese Entwicklung sind vor allem Patienten über 65 und unter 15 Jahren betroffen. Die besseren Kenntnisse der epidemiologischen Entwicklung der Kinder und Jugendlichen mit einem Schädel-Hirn-Trauma können die Möglichkeiten eröffnen, das Risiko solcher Verletzungen besser abzuschätzen und zeitnah die notwendigen primären, sekundären oder tertiären präventiven Maßnahmen zu ergreifen. Dadurch kann die Anzahl der Schädel-Hirn-Verletzungen gesenkt und die schweren Verletzungen vermieden werden [33,34].

1.5 Fragestellung und Ziel dieser Studie

Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung der aktuellen Behandlungsdaten von Schädel-Hirn-Verletzungen im Kindesalter am Universitätsklinikum Ulm. Demographische Daten sollen dem Grad des SHTs, dem Vorkommen von Begleitverletzungen, der Art und Anzahl von bildgebenden Verfahren sowie der Notwendigkeit von neurochirurgischen Interventionen gegenübergestellt werden. Somit soll die Frage nach aktuellen Behandlungszahlen an einem Universitätsklinikum bei unterschiedlichen Angaben in der Literatur beantwortet werden. Weiterhin besteht der Fokus in der Erhebung von Risikofaktoren wie das Alter, der Wochentag des SHTs und die Uhrzeit der Aufnahme. Abschließend soll das Behandlungsergebnis im Kontext der vorher beschriebenen Ergebnisse ausgewertet werden.

2. Patienten und Methodik

In dieser Arbeit wurden alle Kinder und junge Erwachsene im Alter zwischen 0 und 18 Jahren eingeschlossen, die zwischen dem 01.01.2010 und dem 31.12.2011 in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie, der Klinik für Neurochirurgie, der Sektion Kinderchirurgie und der Klinik für Kinder und Jugendmedizin des Universitätsklinikums Ulm mit der Diagnose Schädel-Hirn-Trauma (ICD 10; S06.0-9) stationär behandelt und überwacht wurden. In diese Arbeit wurden weiter nur symptomatische Kinder eingeschlossen, die unter Übelkeit, Erbrechen und/oder Kopfschmerzen gelitten haben und/oder ein neues neurologisches Defizit nach einer Kopfverletzung aufwiesen. Berücksichtigt wurde die interne Dokumentation wie Entlassungsberichte, Operationsberichte und Pflegedokumentation. Alle Daten wurden in einer Datenbank in Form einer Excel-Tabelle erfasst. Zur Datenanalyse wurde *SPSS® (IBM Company, SPSS Inc. Chicago Illinois)* verwendet.

Es wurden die demographischen Daten wie Alter und Geschlecht erhoben. Weiterhin wurden Unfallmechanismus, Begleitverletzungen, Glasgow-Coma-Scale (GCS) bei Aufnahme, Anzahl und Befunde der CT- und MRT-Aufnahmen des Neurocraniums, notwendige Operationen und zeitliche Verteilung der Schädel-Hirn-Verletzungen analysiert. Bei letzterem wurden die Uhrzeiten der stationären Aufnahmen mit entsprechenden Wochentagen erfasst.

2.1 Einteilung des Schädel-Hirn-Traumas

Die Glasgow-Coma-Scale (GCS) wurde im Jahr 1974 von Graham Teasdale und Bryan J. Jennett an der Universität Glasgow in Schottland entwickelt und ermöglicht – richtig angewandt – eine rasche und interdisziplinäre Beurteilung der Bewusstseinslage des verletzten Patienten (Tab. 1) [31]. Die Anwendung der GCS bei Kindern unter 24 Monaten ist aufgrund noch nicht entwickelter verbaler Fähigkeiten eingeschränkt. Hierfür wurde als Alternative eine pädiatrische Glasgow Coma Scale oder Frankfurter Glasgow Coma Scale entwickelt (Tab. 1). Die quantitative Störung der Vigilanz nach einem SHT kann mittels GCS eingeteilt werden. Dadurch kann bedingt die Schwere des SHTs abgeschätzt werden. Das erleichtert die interdisziplinäre Kommunikation in einer Notfallsituation.

In dieser Arbeit wurde ein leichtes SHT durch einen Glasgow-Coma-Score von 13 bis 15 bzw. 17 bis 19 definiert. Ein mittelschweres SHT entspricht einem Glasgow-Coma-Score 9 bis 12 bzw. 12 bis 16 und ein schweres SHT einem Glasgow-Coma-Score ≤ 8 bzw. ≤ 11 (Tab. 1) [31].

Tab. 1: Glasgow Coma Score für Erwachsene und Kinder zur Beschreibung des Bewusstseinszustandes nach Schädel-Hirn-Trauma.

Punkte	Augen öffnen	Augen- symptome	Verbale Antwort	Verbale Antwort 1- 24 Monate	Motorische Reaktion
6 Punkte	—	—	—	—	befolgt Aufforderungen
5 Punkte	—	—	konversationsfähig, orientiert	Fixiert, verfolgt, erkennt, lacht	gezielte Schmerzabwehr
4 Punkte	spontan	Konjugierte Augen- Bewegungen, Pupillen-reaktion auslösbar	konversationsfähig, desorientiert	Fixiert, verfolgt inkonstant, erkennt nicht sicher, lacht nicht situationsbedingt	ungezielte Schmerzabwehr
3 Punkte	auf Aufforderung	Puppenkopf- phänomen	unzusammenhängende Worte	nur zeitweise erweckbar trinkt und Beugesynergismen isst nicht	
2 Punkte	auf Schmerzreiz	Bulbi divergens, bes. beim Puppenkopf- phänomen	unverständliche Laute	Bedrohreflex (ab4/12) nicht sicher auslösbar, motorisch unruhig, nicht erweckbar	Strecksynergismen
1 Punkt	keine Reaktion	keine Reaktion	keine verbale Reaktion	kein Kontakt zur Umwelt	keine Reaktion auf Schmerzreiz

2.2 Alterseinteilung

Aufgrund der unterschiedlichen Teilnahme am sozialen Leben, welche sich an dem Entwicklungsstand des Kindes orientiert, erfolgte die Alterseinteilung in sechs Untergruppen:

- Kinder unter einem Jahr (Neugeborene und Säuglinge),
- zwischen 1 und 4 Jahren (Kinder beginnen zu stehen und zu laufen),
- 5-6 Jahren (Vorschulalter),
- 7-10 Jahren (frühes Schulalter),
- 11-14 (späteres Schulalter) und,
- 15-18 Jahren (junge Erwachsene).

2.3 Beurteilung des Behandlungsergebnisses

Zur genauen neurologischen, kognitiven und funktionellen Beurteilung des Behandlungsergebnisses nach SHT im Kindesalter gibt es nach besten Wissen keinen validierten Score oder Scale. Obgleich der offensichtlichen Probleme der altersabhängigen Eingruppierung, wurden zur Beschreibung des Behandlungsergebnisses zwei bei erwachsenen bewährte Verfahren verwendet. Zum einen die modified Rankin scale und Glasgow Outcome Scale (Tab. 2) [11,25].

Tab. 2: Einteilung des Behandlungsergebnisses nach der Modified Rankin scale und der Glasgow Coma Scale. Erster beschreibt das Behandlungsergebnis nach neurologisch zerebralen Erkrankungen allgemein und Letzterer nach einem Schädel-Hirn-Trauma.

Score	Modified Rankin Scale	Glasgow Outcome Scale
6	Tod	-
5	Schwere Behinderung Bettlägerig, inkontinent, benötigt ständig pflegerische Hilfe	Geringe bis keine Beeinträchtigung Leichte Schädigung mit geringen bis keinen neurologischen und psychologischen Defiziten
4	Höhergradige Beeinträchtigung Benötigt Hilfe bei der Körperpflege, kann nicht ohne Hilfe gehen	Mäßige Beeinträchtigung Keine Abhängigkeit von Hilfsmitteln, spezielle Arbeitstätigkeit möglich
3	Mittelschwere Beeinträchtigung Benötigt Hilfe im Alltag, kann ohne Hilfe gehen	Schwere Beeinträchtigung Dauerhafte Hilfsbedürftigkeit im Alltag
2	Leichte Beeinträchtigung Kann sich ohne Hilfe versorgen, aber im Alltag eingeschränkt	Persistierender vegetativer Zustand Syndrom der reaktionslosen Wachheit
1	Keine relevante Beeinträchtigung Kann trotz Symptomen Alltagsaktivitäten verrichten	Tod
0	Keine Symptome	-

2.4. Statistik

Es handelt sich um eine observativ-explorative Arbeit vom primär deskriptiven Charakter. Die statistische Auswertung erfolgt unter der Anleitung eines Mitarbeiters des Instituts für Biometrie und Epidemiologie. Die erhobenen Daten werden zunächst mittels deskriptiver Methoden ausgewertet und übersichtlich (grafisch) dargestellt. Quantitative Parameter werden über Mittelwert, Standardabweichung, Median und Spannweite beschrieben, für qualitative Zielgrößen werden absolute und relative Häufigkeiten berechnet. Zur Bestimmung möglicher Risikofaktoren für das Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter und deren Korrelation wurde der Spearmans Korrelationskoeffizient berechnet. Orientierende Tests zwischen interessierenden Subgruppen werden entsprechend der zugrunde liegenden Zielgrößen gewählt. Entsprechend der gewählten Zielgruppen wurden im Falle stetiger, normalverteilter Variablen der T-Test für parallelgruppen und einfaktorielle ANOVA für mehr als 2 Gruppen verwendet. Für die nicht normal verteilten stetigen Variablen wurde der Mann-Whitney-U Test benutzt. Zielgrößen waren z.B. Schwere der Verletzungen (leichtes, mittleres, schweres Schädel-Hirn-Trauma), Alter (Säugling, Kleinkind, Schulkind etc.), oder Verletzungsmuster (Mono-, Polytrauma). Zur Identifizierung möglicher Risikofaktoren für binären Endpunkt „Vorkommen von Mehrfachverletzungen beim SHT“ wurde eine logistische Regressionsanalyse verwendet. Für die Interpretation der Regressionsergebnisse wurde das Odds Ratio (OR) bzw. das zugehörige 95%-Konfidenzintervall (CI) verwendet. Das Signifikanzniveau wird auf $p \leq 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

Insgesamt wurden 794 Kinder erfasst. Im Jahr 2010 wurden 379 und im Jahr 2011 414 Kinder stationär behandelt (2010 N=379, 47,7%; 2011 N=415, 52,30%, $p=0,0001$, Mann-Whitney-U Test), $\Delta=36$.

3.1 Alter und Geschlecht

129 (16,20%) Kinder waren jünger als 1 Jahr. Dreihundertachtundzwanzig (41,30%) Kinder waren 1 bis 4 und 76 (9,60%) waren 5 bis 6 Jahre alt. Einhundertfünfzehn (14,50%) Kinder waren im Alter zwischen 7-10 Jahren, 85 (10,70%) im Alter 11 bis 14 Jahren und 61 (7,70%) im Alter 15-18 Jahren (Abb. 1). Vierhundsiebenundachtzig Patienten (61,30%) waren männlich und das männliche Geschlecht überwog in jeder Altersgruppe (Tab. 3).

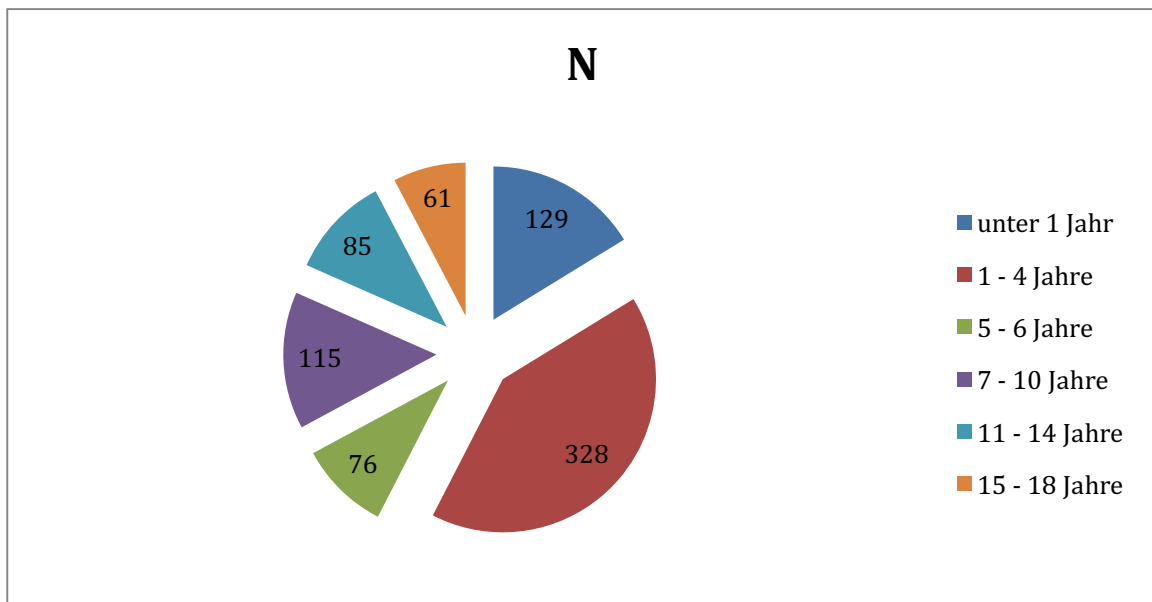


Abb. 1: Die Verteilung des Schädel-Hirn-Traumas in der Abhängigkeit vom Alter (N=794).

Tab. 3: Die Verteilung des Schädel-Hirn-Traumas in der Abhängigkeit vom Geschlecht und Alter (N=794, ANOVA).

Geschlecht	unter 1 Jahr	1-4 Jahre	5-6 Jahre	7-10 Jahre	11-14 Jahre	15-18 Jahre	Total (100%)
Weiblich	61 (7,7%)	123 (15,5%)	34 (4,3%)	35 (4,4%)	30 (3,8%)	24 (3,0%)	307
Männlich	68 (8,6%)	205 (25,8%)	42 (5,3%)	80 (10,1%)	55 (6,9%)	37 (4,7%)	487
Total (100%)	129 (16,2%)	328 (41,3%)	76 (9,6%)	115 (14,5%)	85 (10,7%)	61 (7,7%)	794
p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

3.2 Schwere des Schädel-Hirn-Traumas

Die meisten Patienten wurden mit einem leichten SHT (765, 96,4%) stationär aufgenommen, 15 (1,9%) Kinder erlitten ein mittelschweres SHT und bei 14 (1,8%) Patienten wurde ein schweres SHT festgestellt (Tabelle 4). Gemäß der Häufigkeit ist die meist gefährdete Gruppe Kinder zwischen 1 und 4 Jahren (41,30%).

Die Anzahl der Schädel-Hirn-Traumen sinkt zwar mit steigendem Alter, es zeigt sich jedoch, dass die älteren Patienten häufiger ein mittelschweres und schweres SHT erleiden (Abb. 2).

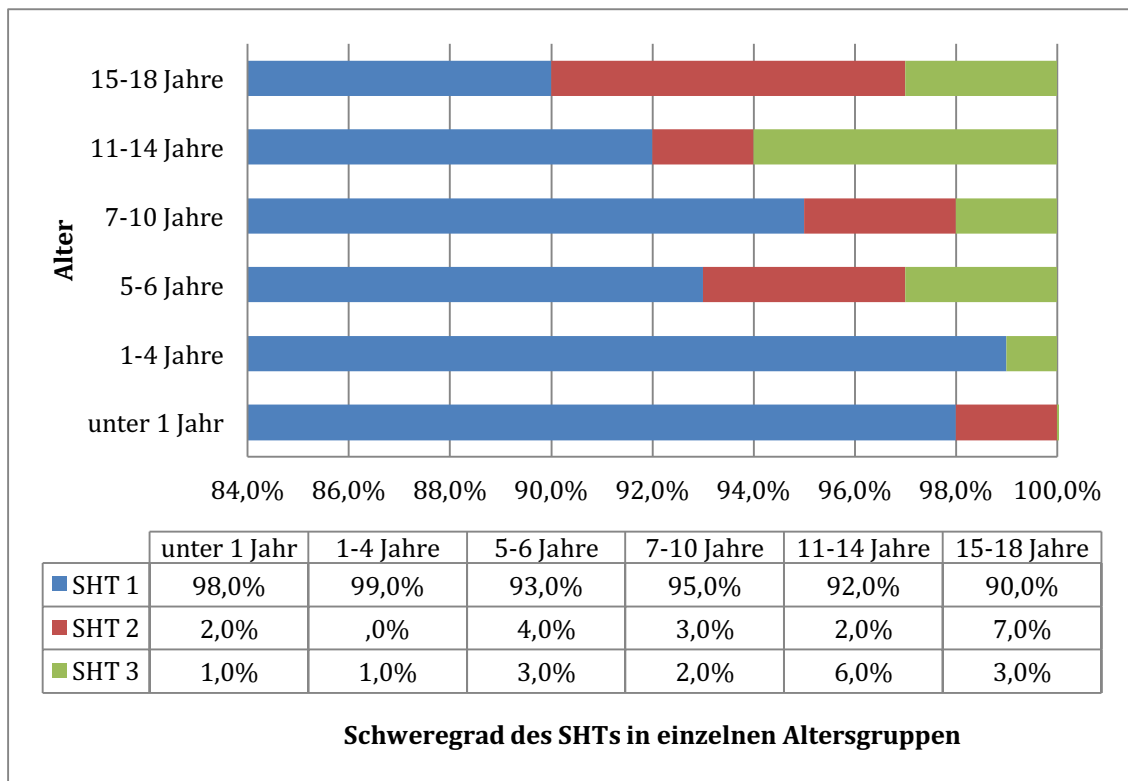


Abb. 2: Alter und die prozentuelle Verteilung des Schweregrades des Schädel-Hirn-Traumas innerhalb einzelner Altersgruppen. Schädel-Hirn-Trauma Grad 1-3 (SHT1-3).

Tab. 4: Schweregrad des Schädel-Hirn-Traumas und die Altersverteilung (N=794, ANOVA). Schädel-Hirn-Trauma Grad 1-3 (SHT1-3).

	unter 1 Jahr	1-4 Jahre	5-6 Jahre	7-10 Jahre	11-14 Jahre	15-18 Jahre	Summe
SHT 1	126 (15.9%)	325 (40.9%)	71 (8.9%)	110 (13.9%)	78 (9.8%)	55 (6.9%)	765 (96.35%)
SHT 2	2 (0.3%)	1 (0.1%)	3 (0.4%)	3 (0.4%)	2 (0.3%)	4 (0.5%)	15 (1.89%)
SHT 3	1 (0.1%)	2 (0.3%)	2 (0.3%)	2 (0.3%)	5 (0.6%)	2 (0.3%)	14 (1.76%)
Summe	129 (16.2%)	328 (41.3%)	76 (9.6%)	115 (14.5%)	85 (10.7%)	61 (7.7%)	
p	0,007	0,0001	0,039	0,05	0,0001	0,004	0,001

3.3 Unfallursachen

Die häufigste Ursache war ein Sturz (544, 68,51%). In den meisten Fällen kam zu einem Unfall zu Hause (284, 35,77%). 91 (11,50%) Kinder erlitten einen Verkehrsunfall (Abb. 3).

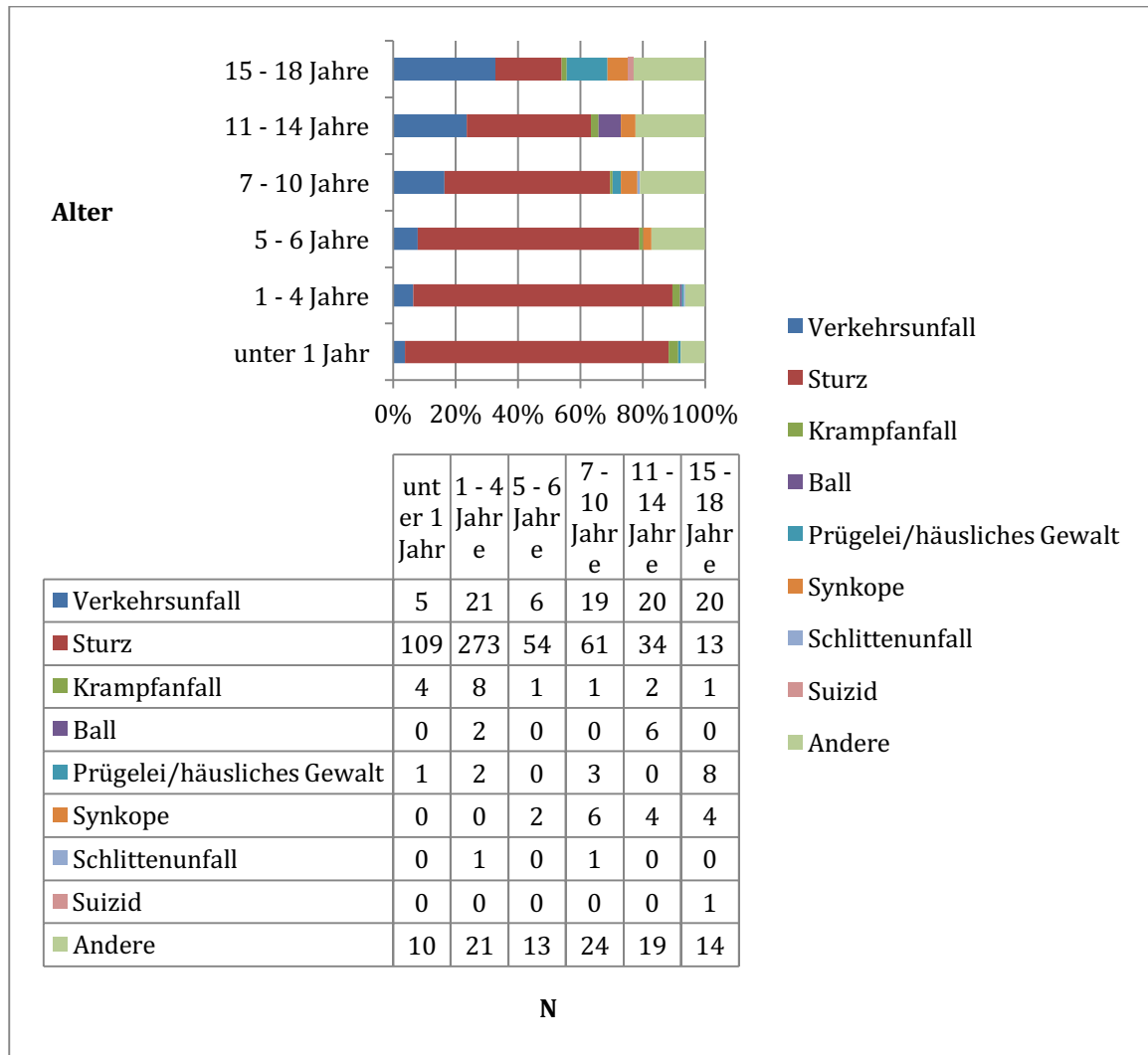


Abb. 3: Vorkommen von Altersgruppe und Unfallursache.

3.4 Intrakranielle Verletzungen nach Schädel-Hirn-Trauma

Bei den meisten Kindern wurde keine intrakranielle Verletzungsfolge gegenüber 61 Kindern mit intrakranieller Verletzung bilddiagnostisch festgestellt ($p=0,0001$, Mann-Whitney-U Test). In 34 (4,28%) Fällen wurde eine Schädelfraktur diagnostiziert. Eine parietale Lokalisation der Fraktur überwog. 10 (1,26%) Patienten erlitten ein akutes Subdurallhämatom und bei 7 (0,88%) Kindern wurde ein epidurales Hämatom nachgewiesen. 10 Kinder (1,26%) wurden mit einer Kontusion behandelt (Tab. 5).

Tab. 5: Häufigkeit intrakranieller Verletzungen nach Schädel-Hirn-Trauma in den unterschiedlichen Altersgruppen. Subduralhämatom (SDH), Epiduralhämatom (EDH).

Alter	SDH	Schädelfraktur	EDH	Kontusion	Hirnödem
Unter 1	2 (0,25%)	7 (0,88%)	0	2 (0,25%)	0
1 - 4	3 (0,38%)	10 (1,26%)	0	0	2 (0,25%)
5 - 6	0	3 (0,38%)	3 (0,38%)	3 (0,38%)	1 (0,13%)
7 - 10	0	8 (1,00%)	2 (0,25%)	2 (0,25%)	0
11 - 14	3 (0,38%)	4 (0,50%)	1 (0,13%)	1 (0,13%)	1 (0,13%)
15 - 18	2 (0,25%)	2 (0,25%)	1 (0,13%)	2 (0,25%)	0
Summe	10 (1,26%)	34 (4,28%)	7 (0,88%)	10 (1,26%)	4 (0,50%)

3.5 Zeitpunkt der stationären Aufnahme

Die meisten stationären Aufnahmen erfolgten am Freitag (130, 16,4%, Tab. 6) zwischen 17:00 (71, 8,90%) und 19:00 (88, 11,1%) Uhr (Abb. 5). Insgesamt wurden die wenigsten Patienten am Sonntag (N=98, 12,3%, Tab. 6) stationär aufgenommen. An allen Tagen der Woche und zu jedem Zeitpunkt des Tages war männliches Geschlecht häufiger betroffen (Abb. 4 und 5).

Tab. 6: Häufigkeit der Aufnahme des Schädel-Hirn-Trauma entsprechend dem Wochentag.

N (%)	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
794	108	114	112	117	130	115	98
(100)	(13,6)	(14,4)	(14,1)	(14,7)	(16,4)	(14,5)	(12,3)

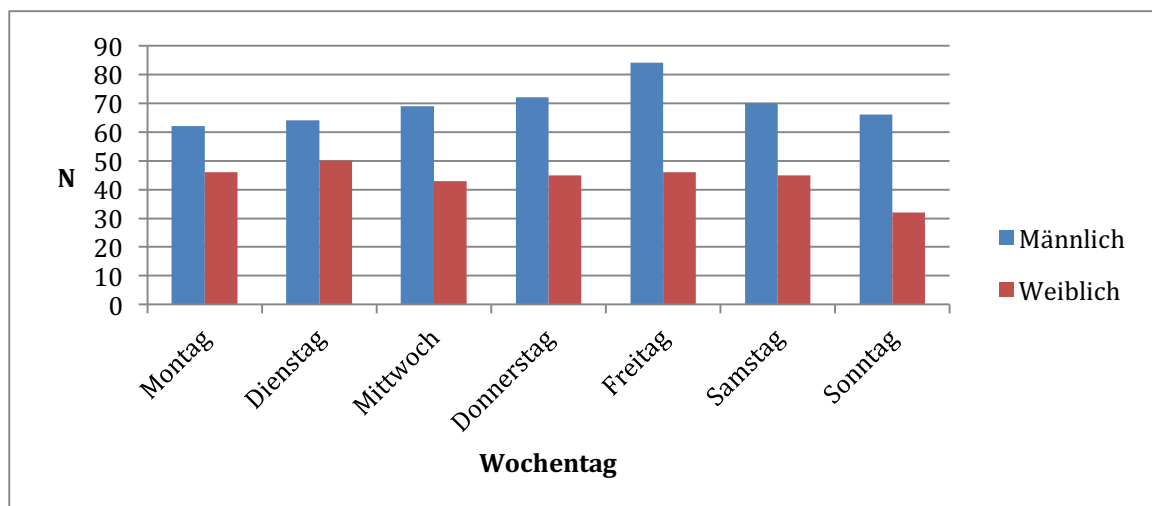


Abb. 4: Die Verteilung des Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter auf die Wochentage in der Abhängigkeit vom Geschlecht.

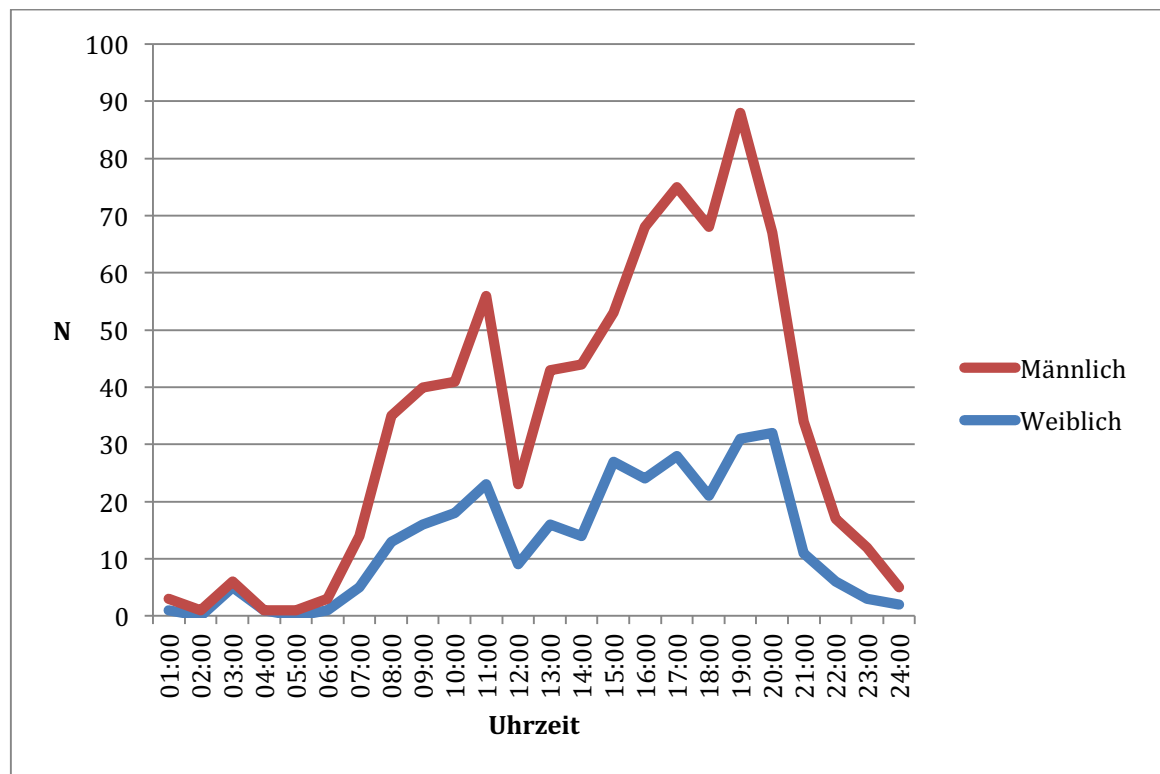


Abb. 5: Verteilung des Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter in Abhängigkeit vom Geschlecht und von der Uhrzeit.

Kinder zwischen 1 und 4 Jahren wurden um 19:00 Uhr (34, 4,30%) am häufigsten stationär aufgenommen (Abb. 6, $p=0,008$, ANOVA).

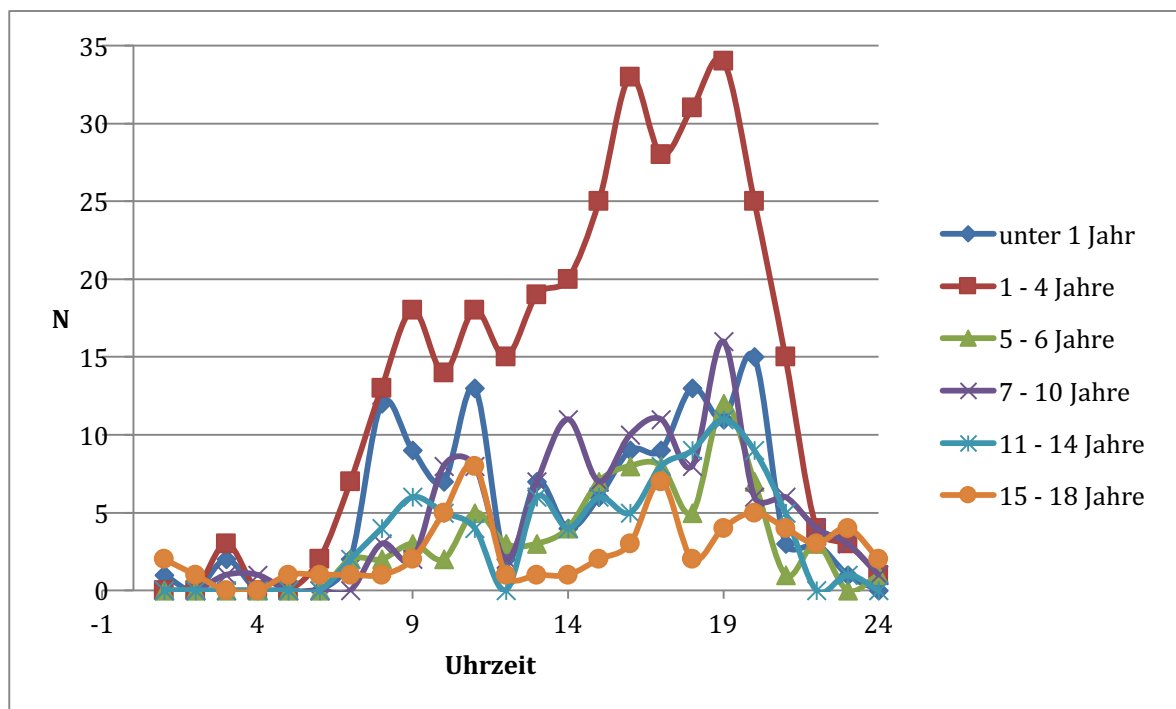


Abb. 6: Uhrzeit der stationären Aufnahme der Kinder mit einem Schädel-Hirn-Trauma in der Abhängigkeit vom Alter.

Die meisten Patienten mit einer schweren Schädel-Hirn-Verletzung wurden am Samstag stationär aufgenommen (Abb. 7, $p=0,001$, ANOVA). Am Sonntag wurden die wenigsten leichten Schädel-Hirn-Verletzungen dokumentiert (Abb. 7, $p=0,01$, ANOVA).

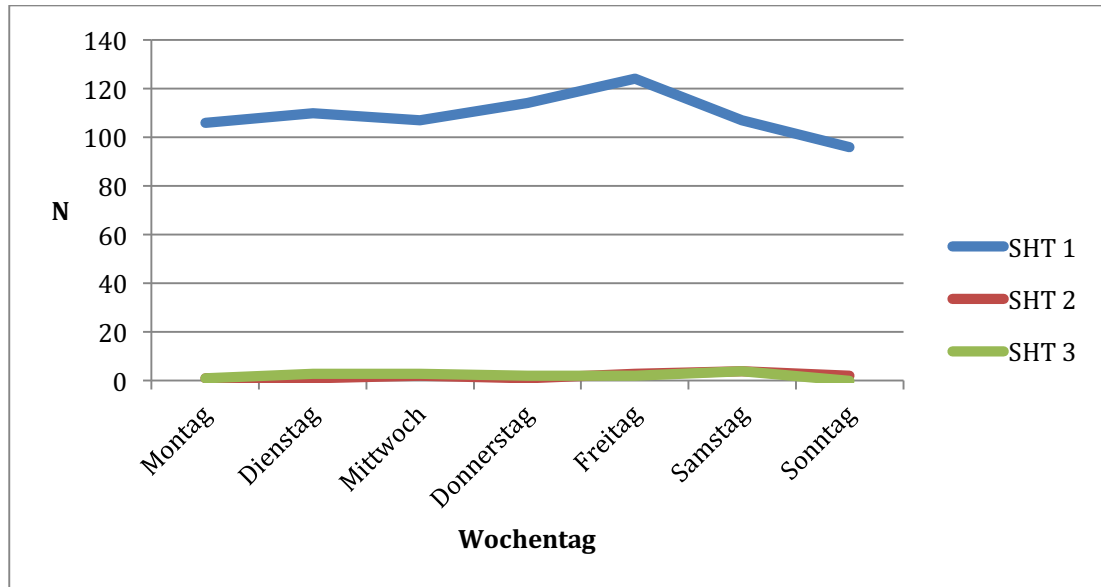


Abb. 7: Die Verteilung des Schweregrades des Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter auf die Wochentage. Schädel-Hirn-Trauma Grad 1-3 (SHT 1-3).

Die meisten leichten Schädel-Hirn-Traumen kamen gegen 11:00 Uhr (56, 7,10%) und gegen 19:00 (84, 10,6%) Uhr zur Aufnahme (Abb. 8). Die meisten schweren Schädel-Hirn-Verletzungen kamen gegen 13:00 Uhr (3, 0,40%) und gegen 19:00 Uhr (4, 0,50%) zur Aufnahme (Abb. 8).

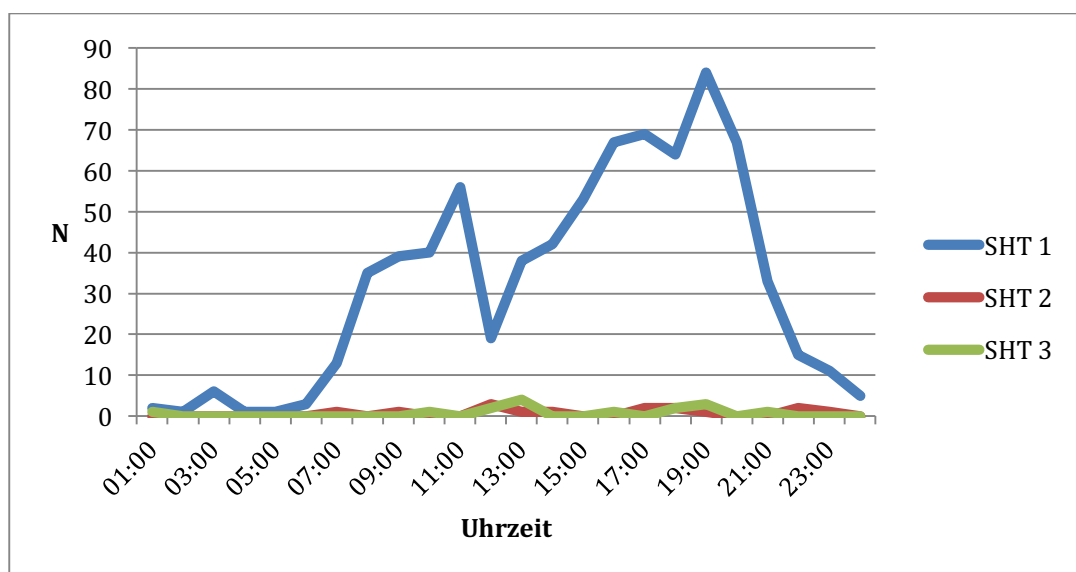


Abb. 8: Verteilung eines Schweregrades des Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter auf verschiedene Aufnahmezeitpunkte des Tages. Schädel-Hirn-Trauma Grad 1-3 (SHT1-3).

3.6 Neurochirurgische Interventionen

Eine neurochirurgische Intervention wurde in 21 (2,64%) Fällen durchgeführt. 7 Patienten (0,88%) unterzogen sich einer dekompressiven Hemikraniektomie. In 4 (0,5%) Fällen wurde eine Evakuation eines Hämatoms über eine Kraniotomie durchgeführt. Die intrazerebrale Hirndruckmessung war bei 7 Patienten erforderlich (0,88%). Drei Kinder (0,38%) wurden aufgrund einer Impressionsfraktur operiert. Kinder über 14 Jahren brauchten häufig (3,28%) eine Hirndrucksonde (Abb. 9).

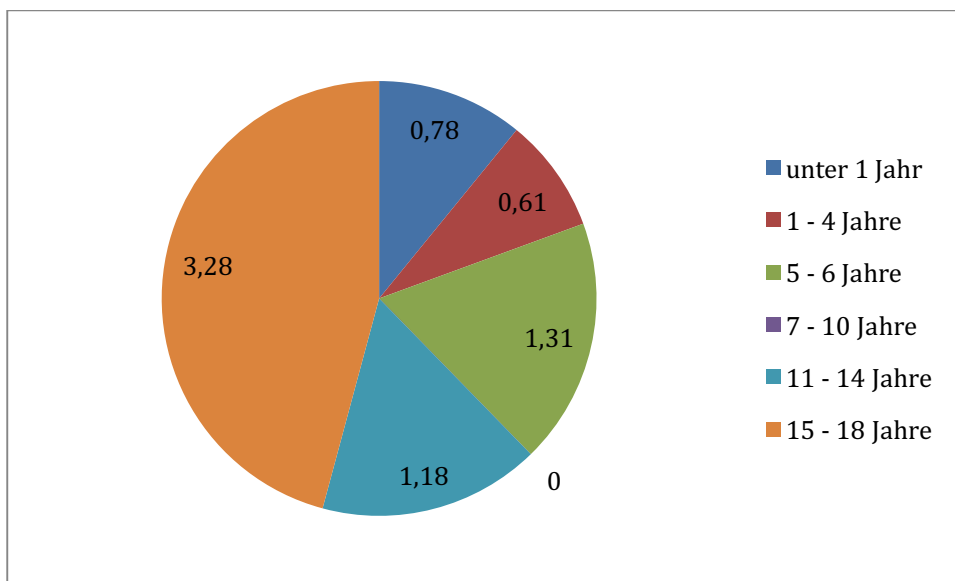


Abb. 9: Prozentuelle Verteilung der Notwendigkeit einer Hirndrucksonde in einzelnen Altersgruppen.

3.7 Bildgebendes Verfahren

Eine Computertomographie des Neurocraniums war selten und zwar in 98 (12,34%) Fällen notwendig, die meisten Kinder bekamen keine CT ($p=0,012$, T-Test). 7 Patienten (0,88%) brauchten zweimalig eine CCT-Untersuchung, bei 8 Patienten (1,00%) wurde die CCT-Diagnostik dreimal und in 3 (0,38%) Fällen viermal vollzogen. In den einzelnen Altersgruppen wurde jedoch am häufigsten eine Computertomographie mit 32,79% für junge Erwachsene erforderlich (Abb. 10). In der Altersgruppe von 1 bis 4 Jahren, die am häufigsten von einem SHT betroffen war, wurde nur in 6,49% der Fälle gegenüber anderer Altersgruppe eine CCT-Untersuchung durchgeführt (Abb. 10, $p \leq 0,019$, ANOVA).

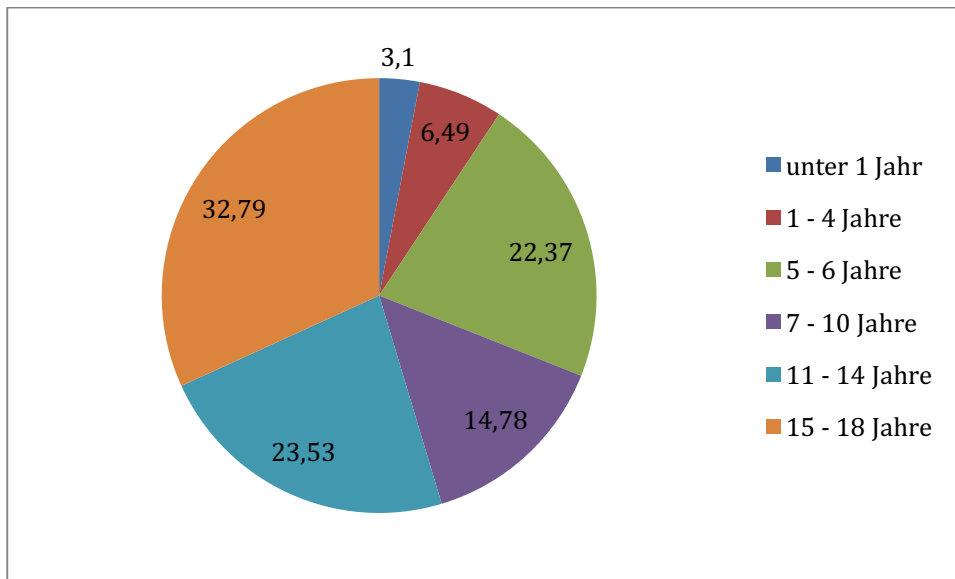


Abb. 10: Prozentuelle Verteilung der Anwendung von Computertomographien des Schädels in einzelnen Altersgruppen.

Gegenüber der Gesamtgruppe wurde nur bei 31 Patienten (3,90%) mittels Kernspintomographie untersucht (Tab. 7, $p=0,007$, ANOVA). Hier werden analog zur Computertomographie die Patienten zwischen 15-18 Jahre mit 8,19% am meistens untersucht (Abb. 11, $p=0,013$, ANOVA). Alle Kinder unter einem Jahr erhielten eine sonographische Untersuchung.

Tab. 7: Anzahl der kernspintomographischen Untersuchungen des Schädels in einzelnen Altersgruppen.

Alter	Keine MRT	1 x MRT	2 x MRT	Summe
Unter 1	125 (16,4%)	4 (13,3%)	0	129 (16,2%)
1 - 4	322 (42,2%)	6 (20%)	0	328 (41,3%)
5 - 6	71 (9,3%)	4 (13,3%)	1 (1,3%)	76 (9,6%)
7 - 10	109 (14,3%)	6 (20%)	0	115 (14,5%)
11 - 14	80 (10,5%)	5 (16,7%)	0	85 (10,7%)
15 - 18	56 (7,3%)	5 (16,7%)	0	61 (7,7%)
Summe	763 (96,1%)	30 (3,8%)	1 (0,1%)	794 (100%)

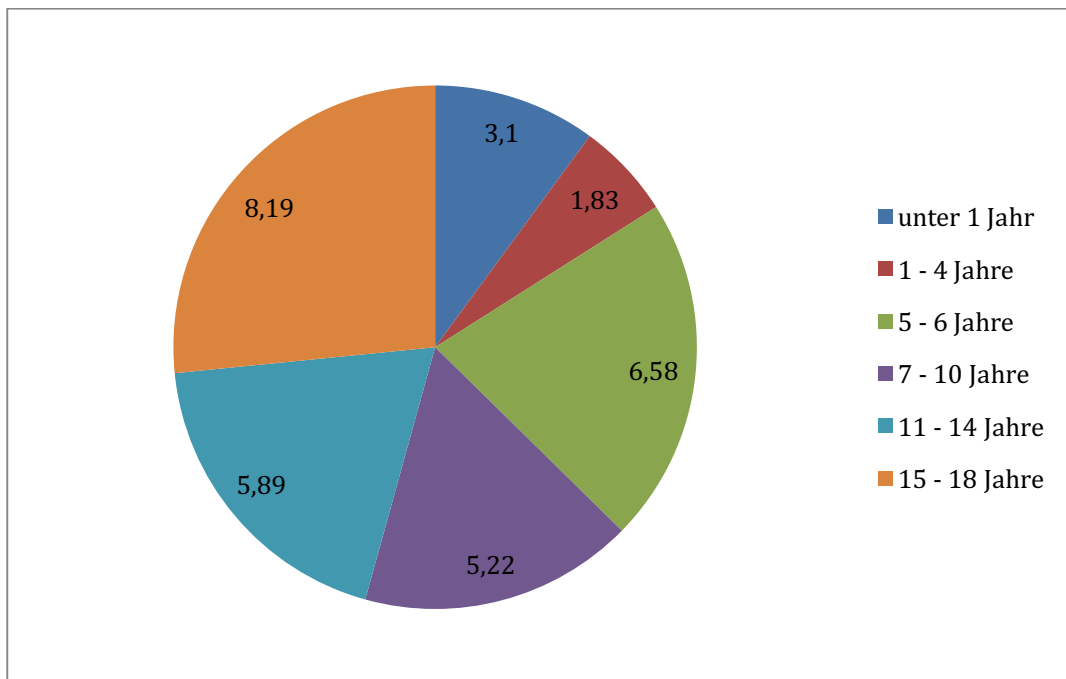


Abb. 11: Prozentuelle Verteilung der kernspintomographischen Untersuchungen des Schädels in einzelnen Altersgruppen.

3.8 Dauer der stationären Behandlung und Behandlungsergebnis

Die durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes beträgt 2,92 Tage (324, 40,80%; SD: 3,651; Min.: 0, Max.: 68;).

Zum Zeitpunkt der Entlassung wiesen 11 Patienten (1,39%) ein schlechtes neurologisches Behandlungsergebnis $GOS \leq 3$ und modified Rankin scale ≥ 4 auf. Siebenhundertdreiundachtzig (98,71%) Patienten hatten gutes neurologisches Outcome (Tab. 8 und 9). Zwei waren in einem persistierenden vegetativen Zustand.

Tabelle 8: Glasgow Outcome Scale nach der Entlassung aus stationärer Behandlung (unbekannt N=5 0,6%).

Alter	GOS 1	GOS 2	GOS 3	GOS 4	GOS 5
unter 1 Jahr	0	0	1 (0,1%)	0	127 (16,0%)
1 - 4 Jahre	0	1 (0,1%)	0	2 (0,3%)	324 (40,8%)
5 - 6 Jahre	0	0	1 (0,1%)	2 (0,3%)	71 (8,9%)
7 - 10 Jahre	0	0	1 (0,1%)	0	114 (14,4%)
11 - 14 Jahre	1 (0,1%)	0	0	3 (0,4%)	80 (10,1%)
15 - 18 Jahre	0	0	1 (0,1%)	3 (0,4%)	57 (7,2%)
Summe	1 (0,1%)	1 (0,1%)	4 (0,5%)	10 (1,3%)	773 (97,4%)

Tab. 9: Modified Rankin Scale nach Entlassung aus der stationären Behandlung.

Alter	mRS 0	mRS 1	mRS 2	mRS 3	mRS 4	mRS 5	mRS 6
unter 1 Jahr	128 (16,12%)	0	1 (0,13%)	0	0	0	0
1 - 4 Jahre	325 (40,93%)	1 (0,13%)	0	1 (0,13%)	0	1 (0,13%)	0
5 - 6 Jahre	72 (9,07%)	2 (0,25%)	1 (0,13%)	0	1 (0,13%)	0	0
7 - 10 Jahre	113 (14,23%)	1 (0,13%)	0	1 (0,13%)	0	0	0
11 - 14 Jahre	78 (9,82%)	5	1 (0,13%)	0	0	0	1 (0,13%)
15 - 18 Jahre	57 (7,18%)	1 (0,13%)	1 (0,13%)	1 (0,13%)	1 (0,13%)	0	0
Summe	773 (97,4%)	10 (1,3%)	4 (0,5%)	3 (0,4%)	2 (0,3%)	1 (0,1%)	1 (0,1%)

3.9 Begleitverletzungen

3.9.1 Vorkommen von Begleitverletzungen

Ein isoliertes SHT wurde in 636 (80,1%) Fällen festgestellt. Ein SHT mit Begleitverletzungen ereignete sich bei 158 (19,9%) Kindern ($p=0.0001$, T-Test). In 124 (78,5%) Fällen kam es nur in einer Körperregion zur weiteren Verletzung. In 34 (21,5%) kam es in mehr als einer Körperregion zu zusätzlichen Verletzungen. Die Anzahl von gezählten zusätzlichen Verletzungsregionen beläuft sich auf 200 (126,5% der Anzahl von Kindern mit zusätzlichen Verletzungen). Eine genauere Aufschlüsselung, welche Verletzungen sich hinter den Regionen verbergen sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

Tab. 10: Gesamtzahl von Verletzungen zu den entsprechenden fünf Körperregionen.

Kopf und Hals	N	Thorax	N	Extremitäten / Beckengürtel	N
Zervikale Distorsion / Zerrung	24	Prellung / Fraktur von Rippen oder Sternum	10	Knieprellung	33
Zervikale spinale Fraktur	7	Fraktur Brustwirbelsäule	2	Ellenbogenprellung	10
		Hämato-pneumo-thorax	1	Tibiafraktur	9
				Radius / Ulnar Fraktur	6
Gesicht	N	Abdomen	N	Sprunggelenksdistorsion	1
Nasenbeinprellung /-fraktur	11	Stumpfes abdominelles Trauma	12	Humerus Fraktur	1
Augenverletzungen	21	Genital - Scrotum	1	Verbrennungen	2
Mandibulafraktur	1	Becken Fraktur	5	Schulterverletzungen	5
Epistaxis	4	Milzruptur	3		
Lazeration	10	Nierenlazeration	1		
Verletzung von Lippen/Zähne	17				
Otorrhö	3				
					Total N = 200

3.9.2 Geschlecht

Jungs zeigen signifikant mehr zusätzliche Verletzungen als Mädchen (Abb. 12). Den größten Unterschied gibt es bei zusätzlichen Verletzungen im Gesichtsbereich ($\Delta 10$).

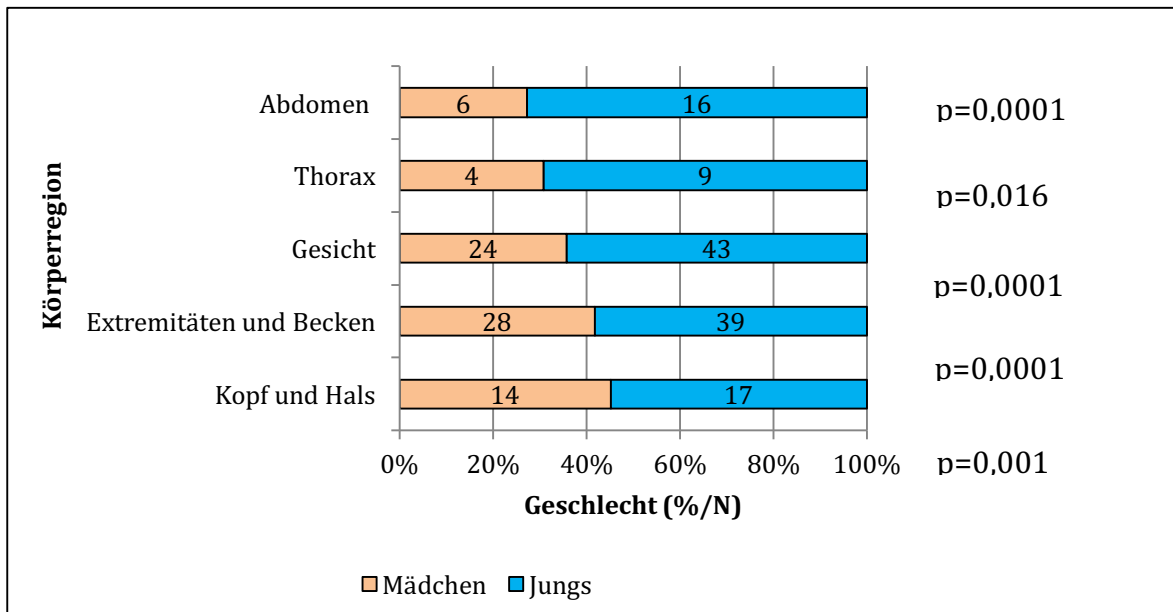


Abb. 12: Häufigkeit von zusätzlichen Verletzungen entsprechend der fünf Körperregionen und des Geschlechts (Mann-Whitney-Test).

3.9.3 Alter

Das Alter zeigt eine signifikante Korrelation mit dem Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen. Je älter das Kind desto höher ist der prozentuale Anteil von Kindern mit zusätzlichen Verletzungen ($r=0,27$; $p=0,0001$, Abb. 13).

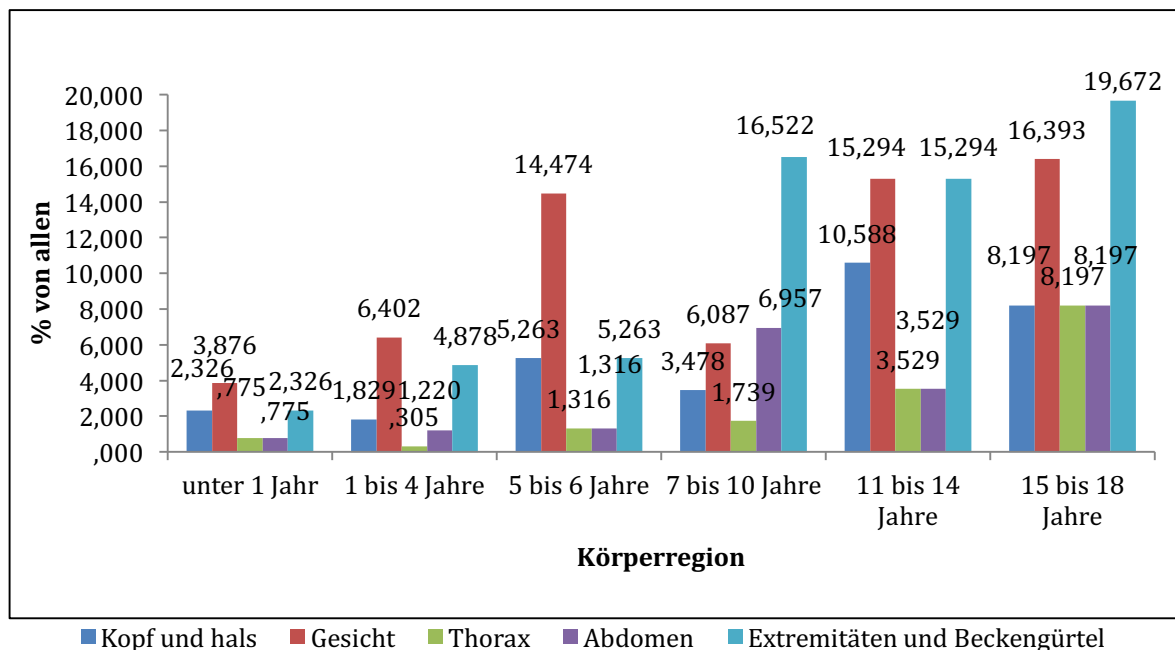


Abb. 13: Prozentualer Anteil von zusätzlich verletzten Körperregionen entsprechend der Altersgruppierung.

Die Verteilung der zusätzlich verletzten Körperregionen ist in der Abb. 14 wiedergegeben. Innerhalb der einzelnen Verletzungsregionen ergibt ein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen nur bei der Region Gesicht ($r=0,2$; $p=0,0001$). Doch dichotomisiert man

in Kinder < 7 Jahren und ≥ 7 Jahren unter allen Kindern zeigt sich ein signifikanter Effekt der Altersgruppen in den Verletzungsregionen Thorax, Abdomen sowie Extremitäten und Beckengürtel ($p \leq 0,05$, T-Test). Diese kommen bei älteren Kindern häufiger vor.

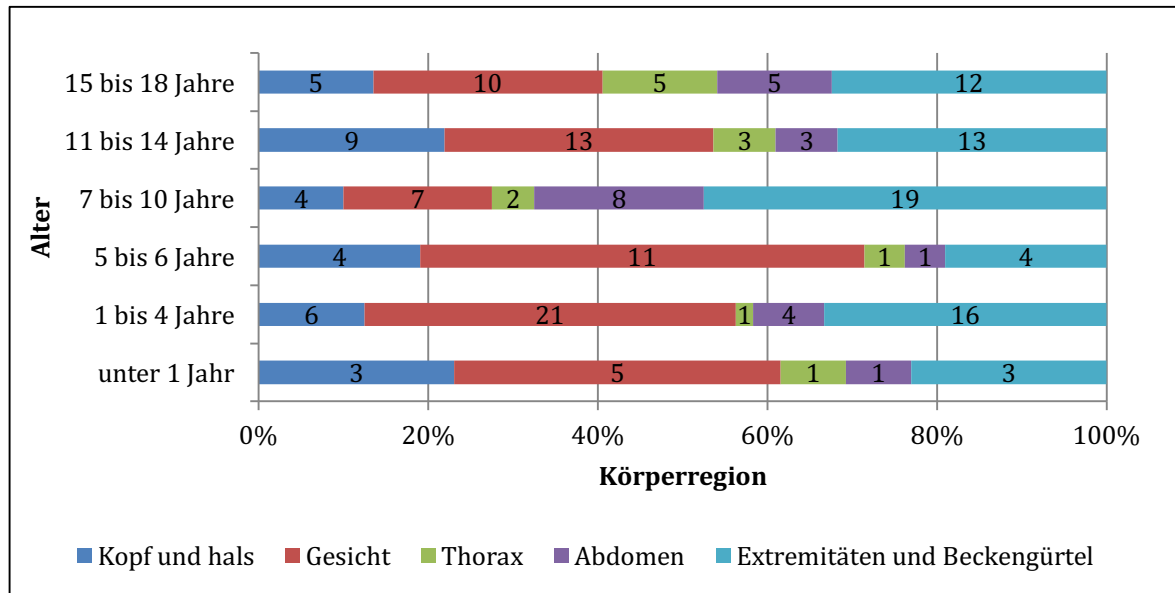


Abb. 14: Verteilung der zusätzlichen Verletzungen gemäß der Altersgruppierung.

3.9.4 Schwere der Verletzung

Die schwere der Kopfverletzung geht signifikant mit dem Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen einher: leichtes SHT 18,43%, mittelschweres SHT 46,66% und schweres SHT 71,42% ($r=0,19$; $p=0,046$). Lediglich innerhalb der Region Kopf und Hals ($r=-1$; $p=0,0001$) sowie Abdomen ($r=1$; $p=0,0001$) gibt es signifikanten Korrelationen zwischen dem Schweregrad der Kopfverletzung und dem Vorkommen weiterer Verletzungen. Je schwerer die Kopfverletzung, desto seltener zeigen sich weitere Verletzungen an der zervikalen Wirbelsäule, jedoch häufiger Verletzungen des Abdomens.

3.9.5 Unfallmechanismus

Kinder mit zusätzlichen Verletzungen haben statistisch häufiger Stürze ($N=82$; 51,9%) als Verkehrsunfälle ($N=68$; 43%, $p=0,0001$, T-Test). Es zeigt sich jedoch kein signifikanter Unterschied beim Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen in den verschiedenen Körperregionen hinsichtlich des Traumamechanismus.

3.9.6 Tag und Uhrzeit

Der Wochentag zeigt keinen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen. Zwar zeigen sich an den verschiedenen Tagen signifikante Unterschiede an Vorkommen von Verletzungen innerhalb der einzelnen Regionen ($p \leq 0,019$, ANOVA). Dennoch lassen sich keine klaren Muster eruieren. Selbst eine Unterscheidung in Werk- und Wochenendtagen zeigt kein signifikantes Muster.

Die Tageszeit zeigt eine signifikante Korrelation mit dem Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen ($r=0,032$; $p=0,035$). Die Korrelation zeigt sich jedoch schwach (Abb. 15).

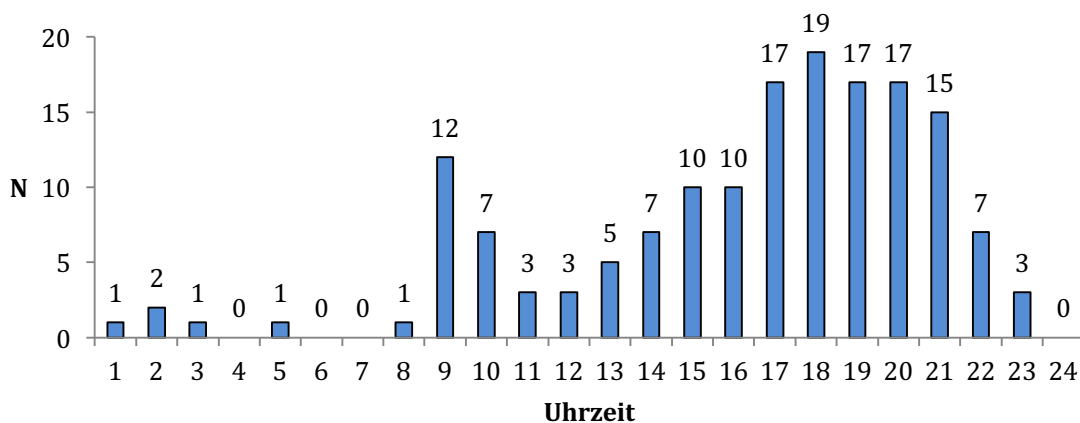


Abb. 15: Verteilung des Vorkommens von zusätzlichen Verletzung in Abhängigkeit des Aufnahmezeitpunkts.

3.9.7 Bilddiagnostik

Die meisten Kinder hatten kein CT ($N=695$; 87,5%) und kein MRT ($N=763$; 96,1%). Genaue Aufschlüsselungen sind unserer Vorpublikation zu entnehmen. Es zeigt sich eine schwache positive Korrelation, sodass das Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen eine steigende Anzahl von CTs und MRTs bedingt ($r=0,27$; $p=0,043$).

3.9.8 Liegedauer

Das Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen korreliert schwach mit der Liegedauer der Kinder ($r=0,3$; $p=0,034$). Kinder mit zusätzlichen Verletzungen liegen durchschnittlich 4,5 (SD: 4,9) Tage im Krankenhaus. Dies ist signifikant länger als bei Kindern ohne zusätzliche Verletzungen ($p=0,0001$, T-Test). Die einzelnen Regionen einer zusätzlichen Verletzung zeigen jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Liegedauer.

3.9.9 Behandlungsergebnis

Das Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen hat einen signifikanten Effekt auf das Behandlungsergebnis ($p \leq 0,038$, T-Test). Für die modified Rankin scale gilt: je höher der score desto häufiger das Vorkommen von zusätzlichen Verletzungen ($r=0,17$; $p=0,046$). Für die Glasgow Outcome Scale gilt: Je höher der Score, desto seltener sind zusätzliche Verletzungen ($r=-0,132$; $p=0,046$). In beiden Fällen ist jedoch die Korrelation schwach.

3.9.10 Regressionsanalyse

In Bezug auf das Vorkommen von Mehrfachverletzungen beim SHT zeigt der Vergleich der Variablen Geschlecht, Alter, Schweregrad der Kopfverletzung, Traumamechanismus, Wochentag und Uhrzeit der Kopfverletzung, der Schweregrad der Kopfverletzung den größten Einfluss ($OR=2,684$, 95%-CI 1,55-4,66 $p=0,0001$). Diese Variable wird gefolgt vom Traumamechanismus ($OR=1,415$, 95% CI 1,08-1,85, $p=0,011$) und dem Alter ($OR=1,123$, 95%-CI 0,78-1,68, $p=0,0001$). Das Pseudo-Bestimmtheitsmaß nach Nagelkerke (Pseudo- R^2) beträgt 0,325.

4. Diskussion

4.1 Alter und Schwere des Schädel-Hirn-Traumas

Die aktuellen Zahlen des Statistischen Bundesamtes zeigen eine alarmierende Steigerung der Behandlungszahlen von Kindern mit Schädel-Hirn-Trauma [13,32]. Das leichte SHT ist im Kindesalter gegenüber dem mittelschweren und schweren SHT weiterhin in dieser Untersuchung überwiegend (Tab. 4). Diese Ergebnisse bestätigen die aktuelle Datenlage [15,21,27]. Am meisten betroffene Gruppe sind Jungen zwischen 1 und 4 Jahren (Tab. 3 und 4). Kinder in dieser Altersgruppe entwickeln schnell ihre motorischen Fähigkeiten. Sie beginnen zu stehen und zu laufen. Der bipedale Gang als evolutionär fortgeschrittene Art der Lokomotion ist mit der Markscheidenbildung verbunden und hängt postnatal deutlich von äußeren Stimuli ab [4,30]. Die kaudal gelegenen Anteile des zentralen Nervensystems werden früher als weiter rostrale Strukturen myelinisiert [30]. Die postnatale Entwicklung der Kleinhirnstrukturen führt zur Verbesserung der Koordination und der Komparation der Abläufe mit dem Cortex cerebri über den Tractus cortico-ponto-cerebellaris und Tractus cerebello-rubro-thalamo-corticalis. Der bipedale Gang stellt an dieser Stelle eine große Herausforderung für das zentrale Nervensystem dar. In dieser Phase der Entwicklung steigt das Risiko eines Sturzes und daraus resultierenden möglichen Verletzung. Dieses Phänomen spiegelt sich in der Häufigkeit der leichten Schädel-Hirn-Verletzungen bei Kindern zwischen 1 und 4 Jahren wieder (Tab. 4).

Ältere Kinder zeigen zwar seltener die Notwendigkeit einer SHT Behandlung, doch im höheren Alter steigt die Gefahr ein schweres oder mittelschweres SHT zu erleiden erneut (Abb. 2). Junge Heranwachsende ziehen sich relativ selten ein SHT zu. Falls es dazu kommt, ist jedoch das Risiko für ein schweres oder mittelschweres SHT höher im Vergleich zu jüngeren Kindern (Abb. 2).

4.2 Unfallzeit

Alle Altersgruppen wurden durch eine zweigipflige Verteilung im Tagesablauf gekennzeichnet (Abb. 5). Der kritische Zeitpunkt liegt besonders zwischen 11:00 und 13:00 Uhr und zwischen 17:00 und 20:00 Uhr (Abb. 5). Überraschend zeigt sich ein relativ hohes Vorkommen des Schädel-Hirn-Traumas am Donnerstag (Abb. 4). Der besonders für die Jungen gefährliche Tag ist laut den Ergebnissen der Freitag (Abb. 4). Die Unterschiede an den jeweiligen Wochentagen sind im Vergleich jedoch relativ gering. Den Vormittag verbringen die meisten Kinder in der Kinderkrippe, im Kindergarten oder in der Schule. Im Kindergarten betreuen Erzieherinnen mehrere Kinder und es handelt sich um

wiederkehrende Aktivitäten. Risikoreichere Aktivitäten werden meistens aus forensischen Gründen vermieden.

Den Nachmittag und den Abend verbringen die Kinder meist zu Hause im familiären Umfeld. Dabei kommt es zu potenziell gefährlichen Spielaktivitäten wie schnellem Laufen und Toben etc. Auf der einen Seite ist eine zahlenmäßig bessere Beaufsichtigung durch die Eltern gegeben, doch auf der anderen Seite kann auch mehr gespielt und getobt werden, was naturgemäß auch zu Stürzen und daraus resultierenden Verletzungen führt. Dies wäre eine mögliche Erklärung für die relativ späte Einlieferung am frühen Abend. Dennoch ist ein fehlendes soziales Netzwerk bei Familien mit mehreren Kindern nicht zu unterschätzen. Ereignet sich in einer Familie mit mehreren Kindern ein SHT bei einem Kind, kommt es durchaus vor, dass die Ankunft des anderen Elternteils oder anderer möglicher Aufsichtspersonen abgewartet wird, bis eine Klinik aufgesucht wird. Dies trifft besonders für Familien mit Migrationshintergrund zu [29].

Das Wochenende bietet eine Gelegenheit, vermehrt Freizeitaktivitäten und Spiele in der Familie und im Freundeskreis zu unternehmen. Daraus kann ein potentielles Risiko für Stürze resultieren. Hier treffen ein geringer Risikoerfahrungsschatz bei Eltern z. B. ihres ersten heranwachsenden Kindes und des Kindes auf ein hohes Maß von Aktivität (Springen, Klettern, Radfahren). Diese Risiken führen zur häufigeren Anwendung prophylaktischer Maßnahmen wie Tragen eines Helms, Nutzen von Fahrradwegen oder Tragen einer Schutzkleidung. Der Sonntag ist laut unserer Ergebnisse der Tag mit den wenigsten Unfällen (Abb. 4 und 7). In aller Regel gilt der Sonntag als Ruhetag, den man mit der Familie verbringt.

Ältere Kindern und Jugendliche widmen sich am späten Nachmittag verschiedenen Freizeitaktivitäten in einem größeren sozialen Umfeld, so dass das unfallpräventive Verhalten abschwächt werden kann und das potenzielle Risiko auch für schwere Verletzungen erhöht ist.

Insgesamt zeigt sich die Anzahl der mittel schweren und schweren Schädel-Hirn-Verletzungen relativ gering. Dieser Trend befürwortet die präventiven Programme und alle Initiativen, die zur besseren Aufklärung über SHT beitragen [33,34].

4.3 Unfallort und Unfallursache

Die meisten Stürze ereignen sich zu Hause. Obwohl die Anwendung von radbetriebenen Freizeitfahrzeuge bei Kindern, zeigt sich dieses Phänomen nicht als entscheidender Risikofaktor (N=67, 8,4%). Stürze sind in dieser Untersuchung die häufigste Ursache für

ein Schädel-Hirn-Trauma. Die meisten Kinder machen ihre ersten Schritte in häuslicher Umgebung. Dabei kommt es zur Konfrontation mit der Umgebung und mit unterschiedlichen Gegenständen. Die Verbesserung der motorischen Fähigkeiten und der Koordination zusammen mit steigenden Interessen an der Umgebung erhöhen das Risiko eines unerwarteten Sturzes. Das Drehen von Bauch- in Rückenlage bei kleinsten Kindern kann zum Sturz vom Wickeltisch oder Sofa führen. Darüber hinaus drohen viele andere Gefahren wie z.B. Treppen, Fenster, eckige Kanten oder leicht erreichbare Elektrogeräte, die die Gesundheit des Kindes gefährden.

Das Risiko eines Verkehrsunfalls nimmt mit dem Alter zu. Gleichzeitig sinkt die Gefahr einen Sturz zu erleiden. Diese Daten korrelieren und bestätigen die Trends in der Literatur [6,15,21]. Heranwachsende sind öfters an Verkehrsunfällen beteiligt. Ein geringer Erfahrungsschatz und übermutige Aktionen in dieser Altersgruppe erhöhen das Risiko eines Unfalls. Ein Verkehrsunfall kann somit als Folge von einem Hochrasanztrauma schwerere Folgen für den Verunfallten verursachen [15,27].

4.4 Geschlecht

Das männliche Geschlecht ist öfters betroffen als das weibliche (Tab. 3). Es zeigte sich, dass an jedem Wochentag mehr Jungs als Mädchen mit einem Schädel-Hirn-Trauma behandelt werden (Abb. 4). Aufgrund dessen sollten Jungen im Zusammenhang mit präventiven Maßnahmen besonders betrachtet werden. Mut und Temperament potenzieren die Entstehung von gefährlichen Situationen wie z.B. Klettern. Dieser Trend lässt sich auch in anderen Studien nachvollziehen [6,15,16,27].

4.5 Prävention

In diesem Zusammenhang ist vor allem bei Kindern zwischen ein und vier Jahren die Aufklärung der Eltern besonders wichtig. Die Vermittlung von Kenntnissen über unterschiedliche Gefahren kann deutlich dazu beitragen, die Anzahl von Schädel-Hirn-Verletzungen zu senken. Die routinemäßigen Kontrollen bei Kinderärzten bieten eine Möglichkeit, vor allem jungen Familien diese Information zu vermitteln. Die typische häusliche Umgebung sollte angepasst werden. Die gefährlichen Gegenstände sollten den Eltern klar gemacht werden (besonders während der raschen motorischen Entwicklung des Kindes) und nicht leicht erreichbar sein. Falls Treppen in der Wohnung benutzt werden, sollte ggf. ein Kindergitter eingebaut werden, damit die Kinder nicht unbeobachtet hochklettern und sich dabei verletzen können.

Ein antizipierendes Gefahrenbewusstsein und Gefahrwahrnehmung spielt im Zusammenhang mit der Prävention eine wichtige Rolle. Das bewusste Verhalten setzt das Erkennen eines Risikos für ein Trauma voraus. Es wird berichtet, dass diese Fähigkeit sich erst bei 8-jährigen Kindern entwickelt [19]. Die individuelle kindliche Entwicklung hat deutlichen Einfluss auf das Verhalten des Kindes. Das Gefahrenbewusstsein wird unterschiedlich ausgeprägt in einzelnen Altersgruppen festgestellt [19]. Eine sicherheitsorientierte Verhaltensweise und das Gefahrenbewusstsein ermöglichen die aktive Umsetzung der primären, sekundären aber auch tertiären Prävention bei älteren Kindern. Da jüngere Kinder, aufgrund mangelnder Erfahrung, noch kein Gefahrenbewusstsein entwickelt haben, ist die Rolle der Eltern in der Prävention der Schädel-Hirn-Verletzungen besonders gefordert. Kinder unter vier Jahren sind in 32% der Fälle imstande die Gefahr richtig zu einzuschätzen [19]. Eine sicherheitsorientierte Verhaltensweise der Eltern und adäquate Kinderaufsicht können erheblich dieses Risiko reduzieren [33]. Die gezielte Vermittlung der epidemiologischen Situation an Eltern könnte zur Absenkung der gesamten Schädel-Hirn-Traumen im Kindesalter beitragen. Armut, ein niedriger Grad der Ausbildung oder häufige Wohnortwechsel der Familien erhöhen die Möglichkeit eines Traumas im Kindesalter [5,7]. Niedriges Einkommen und daraus resultierende inadäquate ökonomische Situation führen zu weniger gerechten und unbefriedigender Wohnungssituation fürs Kind. Dabei werden Sicherheitsmaßnahmen, wie z.B. abschließbarer Fenstergriff, Steckdosensicherungen oder Fahrradhelme aus ökonomischen Gründen auf Minimum reduziert und vernachlässigt. Die unmittelbare Nähe des Straßenverkehrs erhöht das Risiko eines Verkehrsunfalls ebenfalls [5,7]. Darüber hinaus steigt in einem Umfeld mit dichter Bevölkerung und niedrigen sozialen Verhältnissen das Risiko für Gewalt außerhalb und innerhalb einer Familie [5,7,18].

4.6 Bildgebung

98 (12,34%) Kinder haben eine CT-Diagnostik erhalten. Die Strahlungsbelastung insbesondere im Kindesalter kann langfristig unerwünschte Nebenwirkungen mit sich bringen. Aufgrund dessen muss die Indikation für eine Computertomographie eng und mit äußerster Vorsicht gestellt werden und eine stationäre neurologische Überwachung als eine wichtige Alternative in Betracht gezogen werden. Insbesondere Kinder mit leichtem SHT profitieren von stationärer Überwachung. Nach 2 bis 3 Tagen ist in der Regel eine Entlassung ohne dem Vorkommen von weiteren neurologischen Schäden möglich und ohne eine strahlungsbelastende Untersuchung durchführen zu müssen. Die routinemäßige

Anwendung der Röntgenuntersuchung des Neurocraniums nach einem SHT ist als obsolet zu betrachten [22]. Vor allem im Alter unter 1 Jahr stellt die Sonographie eine schonende und logistisch meistens auch gut anwendbare Methode dar, die eine Schädelfraktur oder eine intrakranielle Verletzung zuverlässig entdeckt [23]. Die Kernspintomographie bietet eine diagnostische Ergänzung mit besserer Darstellung des Weichteilgewebes im Vergleich zur CT-Diagnostik [1]. Aufgrund der Tatsache, dass diese Untersuchung jedoch relativ lange dauert und logistisch aufwendig ist, ist vor allem in der akuten diagnostischen Phasen zur Abklärung einer lebensbedrohlichen traumatischen intrakraniellen Verletzung ein CT zu bevorzugen [20]. Zumal eine Computertomographie in der Beurteilung der Knochenverletzungen und in der Feststellung intrakraniellen Blutungen der Kernspintomographie eine übergeordnete Rolle spielt [20]. Die MRT-Diagnostik hilft dann meistens als Verlaufskontrolle oder zur Abklärung von im CT parenchymalen Läsionen. Durch bessere Auflösung und Abbildung von Weichteilen werden Läsionen im Bereich des Hirnstammes deutlich besser entdeckt [9]. An dieser Stelle zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung, dass eine Kernspintomographie zunehmend für die Prognoseabschätzung des schweren SHTs benutzt wird [9,18]. Das betrifft meistens die Heranwachsende, die am häufigsten einer MRT-Untersuchung unterzogen wurden. Trotz dieser Vorteile handelt es sich um eine teure Methode, die bei kleinen Kindern eine Intubationsnarkose erfordert. Deshalb muss die Indikation auch hier sorgfältig überprüft werden.

Patienten zwischen 15 und 18 Jahren erleiden zwar selten ein SHT, es musste jedoch relativ oft eine Computertomographie durchgeführt werden. Die Art und Weise des Traumamechanismus (häufiger schweres SHT) oder der klinische Zustand (häufigere Bewusstseinsstörungen) lassen eine rein klinische Überwachung nicht zu. Oft bestehen auch Begleitverletzungen neben dem SHT, welche computertomographisch abgeklärt werden müssen (Tab. 10, Abb. 12-14).

Analog zur CT werden die Heranwachsende relativ häufig mittels MRT untersucht (Abb. 11). Die bessere Kooperation ohne Notwendigkeit einer Intubationsnarkose ist eine gute Voraussetzung für das MRT als Verlaufskontrolle in dieser Altersgruppe. Es wird jedoch oft bei schweren Verletzungen dadurch die Ursache der Bewusstlosigkeit abgeklärt.

4.7 Neurochirurgische Intervention und Art der intrakraniellen Verletzung

21 Kinder (2,64%) unterzogen sich einer neurochirurgischen Intervention. In den meisten Fällen handelte sich um eine dekompressive Hemikraniektomie oder um die Implantation

einer Hirndrucksonde. Die Anzahl der Interventionen (2,64%) ist insgesamt niedrig. Dieser Fakt spiegelt das hohe Vorkommen der leichten Schädel-Hirn-Traumen wieder. Den meisten Kindern wurde eine Schädelfraktur diagnostiziert (N=41, 5,16%). Diesbezüglich spielt bei Kindern unter einem Jahr eine Sonographie eine wichtige Rolle. Diese schnelle und leicht anwendbare Methode ermöglicht rasche Diagnostik einer Fraktur. In den meisten Fällen hat die Schädelfraktur keine Konsequenz. Es kann jedoch Ursache für eine intrakranielle Blutung oder für Bildung einer leptomeningealen Zyste, einer sog. wachsenden Fraktur sein [23].

Nach der prozentualen Auswertung der implantierten ICP-Sonden in einzelnen Altersgruppen lässt sich feststellen, dass ältere Kinder und vor allem Heranwachsende relativ häufig im Vergleich zur niedrigen Anzahl der Schädel-Hirn-Traumen eine ICP-Sonde brauchen (Abb. 9). Dieses Ergebnis identifiziert Heranwachsende als besondere Risikogruppe des SHTs. Es zeigt sich bei geringem proportionalem Anteil an allen Kindern das deutlich erhöhte Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko (Abb. 2).

Eine Schädelfraktur wurde häufiger bei jüngeren Kindern diagnostiziert. Absolut zeigt sich das Vorkommen eines akuten Subduralhämatoms zwar in allen Gruppen ähnlich, jedoch kommt es relativ in der Gesamtkohorte bei älteren Kindern seltener zu einem SHT. Somit erleiden ältere Kinder häufiger ein akutes Subduralhämatom.

4.8 Begleitverletzungen

158 Kinder (19,9%) erlitten eine Begleitverletzung. Eine Gesichtsverletzung war die häufigste begleitende Verletzung, gefolgt von Extremitätenverletzungen. Rickels et al. berichtete in der größten deutschen epidemiologischen Studie der Schädel-Hirn-Traumen, dass in 58,7% Patienten eine Gesichtsverletzung festzustellen war [26,27]. Schutzreflexe sowie die Koordination und Gleichgewicht sind bei den kleineren Kindern noch in der Entwicklungsphase. Dabei besteht das Risiko eines unkontrollierten Sturzes nach vorne. Darüber hinaus ist die Relation des Kopfes zum Rest des Körpers hinsichtlich der Größe bei kleinen Kindern unterschiedlich im Vergleich zu Erwachsenen. Der Kopf bildet insgesamt einen deutlich größeren prozentuellen Anteil an der Körpermasse. Extremitätenverletzungen sind meist im Kontext von Verkehrsunfällen und Hochrasanztraumen zu sehen [15,27].

Die Mehrzahl von Begleitverletzungen ereignet sich im Alter zwischen 11 und 18 Jahren, obgleich diese gegenüber den 1- bis 4-jährigen Kindern in der Häufigkeit eine Minderheit darstellen. Die gesteigerte Häufigkeit von Begleitverletzungen geht mit einer gesteigerten

Häufigkeit für das schwere SHT einher. Somit besteht im Alter zwischen 11 bis 18 Jahren gegenüber jüngeren Jahren ein höheres Risiko.

4.9 Dauer des stationären Aufenthaltes und Behandlungsergebnis

Die Feststellung, dass das leichte SHT am häufigsten vorkommt, spiegelt sich ebenfalls in der Länge des stationären Aufenthaltes wieder. In den meisten Fällen reicht eine 2 bis 3-tägige stationäre Überwachung aus. Das schwere und mittelschwere SHT erfordert längere Therapie unter stationären Bedingungen. Dennoch die durchschnittlichen Behandlungstage von Patienten mit einem isolierten SHT und einem SHT mit Begleitverletzungen unterscheiden sich statistisch nur um 2 Tage. Somit bleibt das SHT weiterhin im Kontext von Mehrfachverletzungen die führende Verletzung.

Das Behandlungsergebnis des Schädel-Hirn-Traumas am Tag der Entlassung ist in der Mehrheit der Fälle sehr gut. Das entspricht auf einer Seite der hohen Anzahl der leichten Schädel-Hirn-Traumen. Auch hier zeigt sich das Vorkommen von Begleitverletzungen nicht erheblich Einfluss nehmend. Das SHT bedingt das Gesamtergebnis.

4.10 Limitierungen und Grenzen der Studie

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben folgende Grenzen:

- I. Einigen Patienten sind bei der Vorstellung nicht mehr symptomatisch gewesen und wurden in das häusliche Umfeld entlassen. Sie fallen somit nicht in die Kriterien einer stationären Überwachung.
- II. Darüber hinaus haben einige Eltern entgegen des Anratens der Ärzte ihre Kinder nicht stationär behandeln lassen. Diese Kinder werden ambulant geführt.
- III. Ein Schädel-Hirn-Trauma nach dem Sturz kann zeitlich mit anderen Erkrankungen, wie z.B. Gastroenteritis zusammen auftreten und durch ähnliche Symptome die klinische Beurteilung beeinflussen.
- IV. Die dokumentierten Vorstellungszeiten spiegeln nicht direkt den Unfallzeitpunkt wider. Einige Eltern suchen erst später das Krankenhaus auf.
- V. In ausländischen Familien können Verständnisschwierigkeiten den Zeitpunkt der Vorstellung im Krankenhaus beeinflussen.

5. Zusammenfassung

In Anwesenheit steigender Behandlungszahlen des Schädel-Hirn-Traumas (SHT) im Kindesalter zeigt sich in dieser Arbeit kein Paradigmenwechsel. Das leichte SHT im Kindesalter überwiegt. Das männliche Geschlecht zusammen mit dem Alter zwischen 1 und 4 Jahren weisen ein hohes Risiko für ein SHT auf. Eltern sollten spät nachmittags und abends, besonders am Wochenende ihr Präventionsverhalten reflektieren. Die „gefährliche“ Uhrzeit ist vor allem zwischen 17.00 und 19.00 aber auch zwischen 11:00 und 13:00 Uhr. Räderbetriebene Unfallmechanismen dominieren nicht.

Die meisten Kinder erleiden ein SHT als Folge des Sturzes zu Hause. Mit dem Alter steigt die Anzahl der Verkehrsunfälle und die Anzahl der Stürze sinkt.

Unter älteren Kindern und vor allem jungen Erwachsenen kommt ein SHT zwar nicht so häufig vor. Umso mehr ist jedoch eine längere stationäre Behandlung mit kompliziertem Verlauf und mehreren Begleitverletzungen nötig. Das resultiert auch in häufiger Anwendung einer Computertomographie oder Kernspintomographie.

Das SHT im Kindesalter hat eine überwiegend gute Prognose und neurochirurgische Interventionen sind nur in wenigen Fällen notwendig. Die Implantation einer Hirndrucksonde ist selten und meistens bei älteren Patienten notwendig.

Die Kenntnisse der epidemiologischen Situation des Schädel-Hirn-Traumas im Kindesalter können zur weiteren Verbesserung der Prävention beitragen. Ein Kind führt zur notwendigen Veränderung der Gewohnheiten in einer Familie. Die meisten Schädel-Hirn-Verletzungen bei den Kindern kommen zu Hause zustande. Die Anpassung der gesamten Wohnumgebung unter Berücksichtigung der Sicherheitsmaßnahmen für das Kind durch die Eltern müssen klar gemacht werden. Edukative Programme und bessere Information, besonders in jungen Familien ohne Erfahrung, tragen dazu bei, die Risiken für eine Verletzung des Kindes primär zu erkennen und zu vermeiden.

6. Literaturverzeichnis

1. Ashikaga R, Araki Y, Ishida O: MRI of head injury using FLAIR. *Neuroradiology* 39: 239–242 (1997)
2. Barlow KM, Crawford S, Stevenson A, Sandhu SS, Belanger F, Dewey D: Epidemiology of postconcussion syndrome in pediatric mild traumatic brain injury. *Pediatrics* 126: 374-381 (2010)
3. Campbell CG, Kuehn SM, Richards PM, Ventureyra E, Hutchison JS: Medical and cognitive outcome in children with traumatic brain injury. *Can J Neurol Sci* 31: 213-219 (2004)
4. Classen J, Liepert J, Wise SP, Hallett M, Cohen LG: Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice. *J Neurophysiol* 79: 1117-1123 (1998)
5. Durkon MS, Davidson LL, Kuhn L, O'Connor P, Barlow B: Low-income neighbourhoods and the risk of severe paediatric brain injury: a small-area analysis of northern Manhattan. *Am J Pub Health* 84: 587-592 (1994)
6. Emanuelson I, v Wendt L: Epidemiology of traumatic brain injury in children and adolescents in south-western Sweden. *Acta Paediatr* 86: 730-735 (1997)
7. Fallat ME, Costich J, Pollack S: The impact of disparities in pediatric trauma on injury-prevention initiatives. *J Trauma* 60: 452-454 (2006)
8. Firsching R, Messing-Juenger M, Rickels E, Gräber S, Schwerdtfeger: S2 Leitlinien, Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter. AWMF-Leitlinien-Register, Nr. 008/001: S. 3 (2007)
9. Firsching R, Woischneck D, Klein S, Reissberg S, Döhring W, Peters B: Classification of Severe Head Injury Based on Magnetic Resonance Imaging. *Acta Neurochir* 143: 263-271 (2001)
10. Grados MA, Slomine BS, Gerring JP, Vasa R, Bryan N, Denckla MB: Depth of lesion model in children and adolescents with moderate to severe traumatic brain injury: use of SPGR MRI to predict severity and outcome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 70: 350-358 (2001)
11. Jennett B, Bond M: Assessment of outcome after severe brain damage. *Lancet* 1: 480-484 (1975)
12. Kapapa T, König K, Pfister U, Sasse M, Woischneck D, Heissler HE, Rickels E: Head trauma in children part 3: clinical and psychosocial outcome after head trauma in children. *J Child Neurol* 25: 409-422 (2010)

13. Kapapa T, Woischneck D, Kapapa M, Grimm C, Röhrer S, Schlötzer W, Schmitz B, Rickels E: Das Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter. *Chirurgische Allgemeine* 11: 549-555 (2010)
14. Keenan HAT, Runyan DK, Nocera M: Longitudinal follow-up of families and young children with traumatic brain injury. *Pediatrics* 117: 1291-1297 (2006)
15. Keenan HT, Bratton SL: Epidemiology and Outcomes of Pediatric Traumatic Brain Injury. *D'ev Neurosci* 28: 256-263 (2006)
16. Kraus JF, Fife D, Cox P, Ramstein K, Conroy C: Incidence, severity, and external causes of pediatric brain injury. *Am J Dis Child* 140: 687-693 (1986)
17. Landen MG, Bauer U, Kohn M: Inadequate supervision as a cause of injury deaths among young children in Alaska and Louisiana. *Pediatrics* 111: 328-331 (2003)
18. Levin HS, Mendelsohn D, Lily MA: Magnetic resonance imaging in relation to functional outcome of paediatric closed head injury: a test of the Ommaya-Gennarelli Model. *Neurosurg Online* 40: 432-441 (1997)
19. Limbourg M: Gefahrenkognition und Präventionsverständnis von 3- bis 15-jährigen Kindern. In: *Sicher Leben (Hg.): Bericht über die 2. Tagung „Kindersicherheit: Was wirkt?“*, 27. und 28. September 1996 in Essen, Wien 313-326 (1997)
20. Manolakaki D, Velmahos GC, Spaniolas K, de Moya M, Alam HB: Early magnetic resonance imaging is unnecessary in patients with traumatic brain injury. *J Trauma* 66:1008-1012 (2009)
21. McKinlay A, Grace RC, Horwood LJ, Fergusson DM, Ridder EM, MacFarlane MR: Prevalence of traumatic brain injury among children, adolescents and young adults: Prospective evidence from a birth cohort. *Brain Injury* 22: 175-181 (2008)
22. Paľa A, Kapapa M, Posovszky K, Röderer G, König R, Woischneck D, Wirtz CR, Kapapa T: Head injury in children: Has a change in circumstances caused an increase in treatment numbers? *J Child Neurol*: 1-6 (2014)
23. Parri N, Crosby BJ, Glass C, Manelli F, Sforzi I, Schiavone R, Ban KM: Ability of emergency ultrasonography to detect paediatric skull fractures: a prospective, observational study. *J Emerg Med* 44: 131-141 (2013)
24. Parslow RC, Morris KP, Tasker RC, Forsyth RJ, Hawley CA: Epidemiology of traumatic brain injury in children receiving intensive care in the UK. *Arch Dis Child* 90: 1182-1187 (2005)
25. Rankin J: Cerebral vascular accidents in patients over the age of 60. *Scott Med J* 2: 200-215 (1957)

26. Rickels E, von Wild K, Wenzlaff P, Bock WJ: Schädel-Hirn-Verletzung. Epidemiologie und Versorgung. Ergebnisse einer prospektiven Studie. Zuckschwerdt-Verlag, München-Wien-New York, S. 134-150 (2006)
27. Rickels E, Wild K, Wenzlaff P: Head injury in Germany: a population-based prospective study on epidemiology, causes, treatment and outcome of all degrees of head injury severity in two distinct areas. *Brain Inj* 24: 1491-1504 (2010)
28. Sigmund GA, Tong KA, Nickerson JP, Wall CJ, Oyoyo U, Ashwal S: Multimodality comparison of neuroimaging in pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Neurol* 36: 217-226 (2007)
29. Simpson G, Mohr R, Redman A: Cultural variations in the understanding of traumatic brain injury and injury rehabilitation. *Brain Inj* 14: 125-140 (2000)
30. Sherman DL, Brophy PJ: Mechanisms of axon ensheathment and myelin growth. *Nat Rev Neuroscience* 6: 683-690 (2005)
31. Teasdale G., Jennette B: Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet* 2: 81-84 (1974)
32. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Gesundheitszustand/UnfaelleGewaltKinder5230001089004.pdf?__blob=publicationFile (05.04.2014)
33. http://www.hannelore-kohl-stiftung.de/Praevention/praevention_einleitung.html (14.04.2014)
34. <http://www.usroads.com/journals/aruj/9809/ru980901.htm> (15.05.14)

Danksagung

Einen besonderen Dank möchte ich Herrn PD Dr. Thomas Kapapa und meiner Frau Alena aussprechen.

Alena dafür, dass sie mich immer unterstützt und für mich da ist. Herr PD Dr. Thomas Kapapa, dass er für mich der perfekte Betreuer und immer eine große Hilfe ist.

Lebenslauf

Andrej Paľa, MUDr.

geboren am 09.08.1984 in Poprad, Slowakei

Ausbildung

- Okt 2003 - Juni 2009 **1. Medizinische Fakultät der Karls-Universität, Prag**
(Tschechische Republik)
Allgemeine Medizin
- Jan 2007 - Mai 2007 **Universität Helsinki** (Finnland)
6 Monate Praktikum in der Abteilung für Unfallchirurgie und Orthopädie, Ophthalmologie, Dermatovenerologie und HNO-Klinik und Studiumsemester an der Universität Helsinki
- Juli 2006 - Juni 2006 **Universität Thessaloniki** (Griechenland)
Praktikum in der Abteilung für Neurologie
- Sep 1998 - Juni 2003 **Gymnasium Ul. Dominika Tatarku, Poprad** (Slowakische Republik)
Deutsch-slowakische bilinguale Abteilung
- Sep 1994 - Juni 1998 **Gymnasium Ul. Dominika Tatarku, Poprad** (Slowakische Republik)
- Sep 1990 - Juni 1994 **Grundschule Ul. Dostojevského Poprad** (Slowakische Republik)

Fakultative Tätigkeiten während des Studiums

- März 2005 - Juni 2009 **Tutor für Anatomie** für tschechisch- und englischsprachige Studenten, Medizinische Fakultät der Karls-Universität, Prag (Tschechische Republik), Institut der Anatomie - *Prof. Miloš Grim*
- Okt 2007 - Aug 2009 **Beteiligung an den wissenschaftlichen Projekten im Bereich der Neuroanatomie**

Medizinische Fakultät der Karls-Universität, Prag (Tschechische Republik)

Institut der Anatomie - Prof. Pavel Petrovický, MUDr., RNDr. Jiří Brabec, MUDr. Daniel Hořínek

Mai 2008 - Aug 2009 **Praktikum**

Medizinische Fakultät der Karls-Universität, Prag (Tschechische Republik), Klinik für kardiovaskuläre Chirurgie - *Doc. MUDr. Ján Tošovský*

Berufliche Tätigkeit

15.08.2009 **Universitätsklinikum Ulm und BKH Günzburg, Abteilung für Neurochirurgie, Alber-Einstein-Allee 23, 89081 Ulm**
Direktor: Prof. Dr. C. R. Wirtz
Facharzt für Neurochirurgie seit 02.02.2016

Sprachkenntnisse

Deutsch Aktiv in Wort und Schrift (Zeugnis der allgemeine Hochschulreife, Staatprüfung in deutscher Sprache mit Spezialisierung in den Naturwissenschaften)

Englisch Aktiv in Wort und Schrift

Tschechisch Aktiv in Wort und Schrift

Slowakisch Muttersprache