

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. Matthias Graw

Schädel-Hirn-Traumen ohne äußere Verletzungen

Eine Studie an Obduktionsfällen

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Daniela Führer
aus Kassel
2017

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Wolfgang Keil

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Hans-Joachim Andreß

Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter: -

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hicel

Tag der mündlichen Prüfung: 14.12.2017

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. EINLEITUNG..... | 5 |
| 2. ANATOMISCHE GRUNDLAGEN..... | 7 |
| 2.1. KOPFSCHWARTE..... | 7 |
| 2.1.1. KOPFHAUT..... | 7 |
| 2.1.2. GALEA APONEUROTICA | 8 |
| 2.1.3. SUBGALEALER RAUM..... | 9 |
| 2.1.4. PERIOST | 9 |
| 2.2. ELASTIZITÄTSGRENZEN UND BELASTUNGSGRENZEN | 10 |
| 2.3. HAUTVERLETZUNGEN NACH STUMPFER GEWALT | 12 |
| 2.3.1. RÖTUNG UND HÄMATOM..... | 12 |
| 2.3.2. ABSCHÜRFUNG..... | 12 |
| 2.3.3. RISS-QUETSCH-WUNDE | 13 |
| 2.3.4. SKALPIEREN | 13 |
| 2.4. SCHÄDEL-HIRN-TRAUMA UND INTRAKRANIELLE BLUTUNGEN..... | 14 |
| 2.5. VERLETZUNGSENTSTEHUNG | 16 |
| 2.5.1. STURZ..... | 16 |
| 2.5.1.1. Sturz aus geringer Höhe | 16 |
| 2.5.1.2. Sturz zu ebener Erde..... | 16 |
| 2.5.1.3. Treppensturz – geringe bis größere Höhe..... | 17 |
| 2.5.1.4. Sturz aus größerer Höhe | 17 |
| 2.5.2. FAUSTSCHLÄGE..... | 17 |
| 3. MATERIAL | 19 |
| 4. METHODE..... | 21 |
| 4.1. MAKROSKOPIE..... | 21 |
| 4.2. MIKROSKOPIE | 22 |
| 4.3. BEURTEILUNG | 23 |
| 5. ERGEBNISSE..... | 24 |
| 5.1. VERLETZUNGSGESCHEHEN | 24 |
| 5.2. BEFUNDE | 26 |
| 5.2.1. MAKROSKOPISCHE BEFUNDE..... | 26 |
| 5.2.2. MIKROSKOPISCHE BEFUNDE..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 5.3. FALLVORSTELLUNGEN | 29 |
| 5.3.1. ISOLIERTE EINBLUTUNG IN DAS PERIOST..... | 29 |
| 5.3.2. GALEAHÄMATOME MIT ODER OHNE PERIOSTBETEILIGUNG | 30 |
| 5.3.3. GALEAHÄMATOME MIT PERIOSTBETEILIGUNG UND WEITEREN KRANIELLEN BZW. INTRAKRANIELLEN VERLETZUNGEN | 35 |
| <u>6. DISKUSSION.....</u> | 49 |
| <u>7. ZUSAMMENFASSUNG.....</u> | 56 |
| <u>8. ANHANG.....</u> | 58 |
| <u>9. LEBENSLAUF.....</u> | 60 |
| <u>10. LITERATUR.....</u> | 62 |
| <u>11. DANKSAGUNG.....</u> | 67 |
| <u>12. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG.....</u> | 68 |

1. Einleitung

„Als besonders bemerkenswert hebe ich hervor, daß an der äußeren Kopfhaut keine Beschädigung, weder Verfärbung noch seröse Durchtränkung noch Blutung zu finden war. Auch in der Unterhaut nicht.“

Prof. Karl Berg (1933) Ein Faustschlag bewirkt Schädelbruch und tödliche Meningeablutung [8]

Erhebliche stumpfe Gewalteinwirkungen auf den menschlichen Körper führen gelegentlich an der Körperoberfläche zu keinen erkennbaren Verletzungen. Dennoch können im Körperinneren lebensgefährliche oder sogar absolut tödliche traumatische Befunde entstanden sein.

Derartige Konstellationen sind insbesondere bei stumpfen Bauch- und Thoraxtraumen bekannt. Der Brustkorb und der Bauch können stark zusammengedrückt werden, ohne dass an der Haut Verletzungsspuren vorhanden sind [54]. Dennoch kann es in den Körperhöhlen zu schwersten Zerreißen von inneren Organen, großen Blutgefäßen und Weichteilen kommen. Es können auch Rumpfskelettfrakturen verursacht werden. Am Thorax kommen Herzrupturen vor [46], im Abdomen treten besonders häufig Milzrupturen auf [35].

Dagegen gehen schwerwiegende Schädel-Hirn-Verletzungen fast immer mit äußeren Befunden wie Schürfwunden, Hämatomen oder Riss-Quetsch-Wunden einher, da die vergleichsweise dünne Weichteilschicht unmittelbar den Schädelknochen anliegt. Eine Ausnahme bildet das sogenannte Schütteltrauma, welches bei Säuglingen und Kleinkindern zu lebensgefährlichen Axonschäden führen kann [2, 23], da bei diesem Verletzungsmechanismus die Gewalt nicht direkt von außen auf den Kopf einwirkt. Über sonstige Schädel-Hirn-Traumen ohne äußere Begleitverletzungen liegen nur einzelne Fallbeschreibungen vor [8, 28].

Der mögliche Gegensatz zwischen fehlenden äußeren und sogar tödlichen inneren Verletzungen spielt nicht nur bei der Auffindung, Bergung und Versorgung von Schwerstverletzten eine Rolle, sondern hat auch große Bedeutung für die ärztliche Leichenschau. Dabei kann es zu erheblichen Fehleinschätzungen kommen, die nicht mehr revidiert werden können, falls keine Obduktion erfolgt.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, an rechtsmedizinischen Obduktionsfällen aufzuzeigen, unter welchen Umständen äußere Kopfverletzungen fehlen können, es jedoch dennoch zur Entstehung intrakranieller Verletzungen kommen kann. Der Schweregrad der inneren Befunde soll in Hinblick auf die dem Tod vorausgegangenen Geschehnisse wie Unfälle oder Einwirkungen fremder Hand unter Berücksichtigung der dabei auftretenden Verletzungsmechanismen diskutiert werden.

2. Anatomische Grundlagen

2.1. Kopfschwarte

Die Struktur der Kopfschwarte, die als schützendes Weichteil die Kalotte bedeckt, wird zumeist als dreischichtig beschrieben, bestehend aus Haut, einer derben Unterhautbindegewebsschicht und der Galea aponeurotica. Die drei Schichten bilden eine feste Einheit, die nur als Ganzes gegenüber dem Periost und dem Schädelknochen verschieblich ist. Die Unterhautbindegewebsschicht wird als anatomische Besonderheit der Subkutis abgegrenzt [49]. In weiterer Literatur [15, 16] werden auch die lockere Bindegewebsschicht des subgalealen Raums sowie das äußere Periost des Schädels, Perikranium, zur Kopfschwarte gezählt. Da die Kopfschwarte in den meisten Regionen die einzige Weichteilschicht des Schädeldachs bildet, kommt es bei stumpfen Gewalteinwirkungen durch Überschreiten ihrer Belastungsgrenze relativ häufig zu Riss-Quetsch-Wunden. Die Kopfschwarte ist durch zahlreiche Blutgefäße mit ihren Anastomosen reichlich durchblutet, sodass es bei Verletzungen zu starken, zum Teil sogar tödlichen Blutungen kommen kann [11].

2.1.1. Kopfhaut

Die Kopfhaut besteht aus der Kutis – Epidermis und Dermis – sowie der Subkutis. Die Schichtdicke der behaarten Kopfhaut beträgt in der Scheitelregion um 3 mm und misst am Hinterhaupt bis zu 8 mm [16]. An den Schläfen ist die Haut dünner, weniger behaart und gegen die darunter liegende Galea aponeurotica zu verschieben. [49].

In der Subkutis sind straffe derbe Bindegewebszüge vorhanden, die mit Fettgewebe ausgefüllte Hohlräume einschließen [16]. Diese Bindegewebssepten führen zu einer festen Verbindung zwischen Haut und Galea [15, 16, 20, 49]. An der Stirn verlaufen diese Stränge schräg, somit ist die Haut über der Stirn bzw. über dem Stirnmuskel im Gegensatz zur behaarten Kopfhaut vom darunterliegenden Gewebe abhebbar. Eine Bewegung zwischen Haut und Galea ist sonst an den meisten Stellen nicht möglich [20]. In der Subkutis befinden sich zudem die Hauptstämme der versorgenden

Blutgefäße, welche sowohl aus Ästen der A. carotis interna, als auch aus der A. carotis externa stammen. Die Ausbreitung der Arterien erfolgt vom Scheitel in Richtung Peripherie [16]. Die Gefäße befinden sich jeweils auf der Seite ihres Ursprungs und bilden untereinander Anastomosen aus [15, 16, 20, 49]. Es bestehen aber auch Verbindungen über den Vertex hinaus mit den kontralateralen Arterien sowie mit Ästen der Arteria meningea media, somit besteht eine Verbindung zwischen intra- und extrakraniell [16, 20]. Die Arterien liegen unbefestigt und locker zwischen den Bindegewebszügen, sodass es bei Durchtrennung zur Retraktion der Gefäße kommt und somit eine Blutstillung erschwert ist [15, 20,]. Jedoch ist aufgrund der Architektur der Subkutis eine flächenhafte Ausbreitung von Blutungen in ihr nur schwer möglich [20, 49].

Die venösen Gefäße verlaufen parallel zu den Arterien und münden über Vv. emissariae und die Vv. diploicae in den Sinus sagittalis superior. Dies ist vor allem bei der Pathogenese und Ausbreitung von Entzündungen zu beachten [49, 21]. Da die Venen der Kopfschwarte wie die anderen Venen in der Kopf-Halsregion keine Venenklappen besitzen, kommt es bei einer Verletzung dieser zu stärkeren venösen Blutungen [21].

2.1.2. Galea aponeurotica

Die Galea aponeurotica ist eine Sehnenplatte, die an der Stirn über den Frontalmuskel in den M. orbicularis oculi ohne Verbindung zum knöchernen Skelett inseriert [15, 20]. Dorsal setzt die Galea über die Bäuche des Hinterhauptmuskels – Musculus occipitalis – an der Linea nuchalis superior des Os occipitale an [15, 20]. Lateral findet die Galea aponeurotica Abschluss durch den Übergang in die Faszien der Temporal Muskeln [15, 16]. Die feste Struktur der Galea äußert sich in mangelnder Dehnbarkeit, was die operative Deckung von Kopfschwartenverletzungen erschwert [16]. Bei Kopfschwartenverletzungen unter Einbeziehung der Galea aponeurotica entstehen klaffende Wunden [15, 20] durch Aufhebung der Spannung der festen Faserkappe. Ist die Verletzung parallel zum Faserverlauf der Galea lokalisiert, klafft die Wunde weniger; ein größeres Auseinanderspreizen der Wundränder entsteht, wenn die Verletzung senkrecht zur

Faserrichtung verläuft [49]. Aufgrund einer guten Blutversorgung ist die Galea aponeurotica für chirurgische Rekonstruktionen ohne weiteres geeignet [30].

2.1.3. Subgalealer Raum

Zwischen Galea aponeurotica und dem äußeren Periost besteht eine Verbindung aus lockerem Bindegewebe. Durch dieses subgaleale Bindegewebe wird eine sehr gute Verschieblichkeit der Kopfschwarte gegenüber dem Periost ermöglicht [15, 16, 20, 49]. Die Ausbreitung von Blutungen und Infektionen ist hier durch die lockere Beschaffenheit des Gewebes leicht möglich [15, 49]. Der subgaleale Raum wird auch als suprapariostaler Raum bezeichnet.

An den Ansatz- und Ursprungsorten der Frontal- und Okzipitalmuskeln endet der subgaleale Raum durch Einspießen der Faszien in Haut und Subkutis sowie in das Periost. Die lateralen Grenzen bilden die Faszien der Temporalmuskeln [20]. Einblutungen zwischen Galea und Periost haben ihren Ursprung oft in Kalottenfrakturen und lassen bei großflächiger Ausbreitung keine Rückschlüsse auf den Ort der verursachenden Gewalt zu [9].

2.1.4. Periost

Das Periost wird von Gefäßen der Kopfschwarte gut durchblutet und besteht überwiegend aus kollagenen Fasern mit Sharpey-Fasern, die fest an der Kalotte verankert sind [1, 20, 49]. Trotz fester Bindung zwischen Periost und Knochen können sich Blutungen einfach ausbreiten [20]. Isolierte Einblutungen unter das Periost sind vor allem als Kephalthämatome bekannt, die bei Geburtstraumata entstehen [20, 49].

An den Schädelnähten ist das äußere Periost – Perikranium – besonders fest in den Knochen verankert [15, 49] und tritt hier in Verbindung mit dem inneren Periost, dem

sogenannten Endost [21]. Das Periost dient der Regeneration und Versorgung des Knochens und ist sehr schmerzempfindlich.

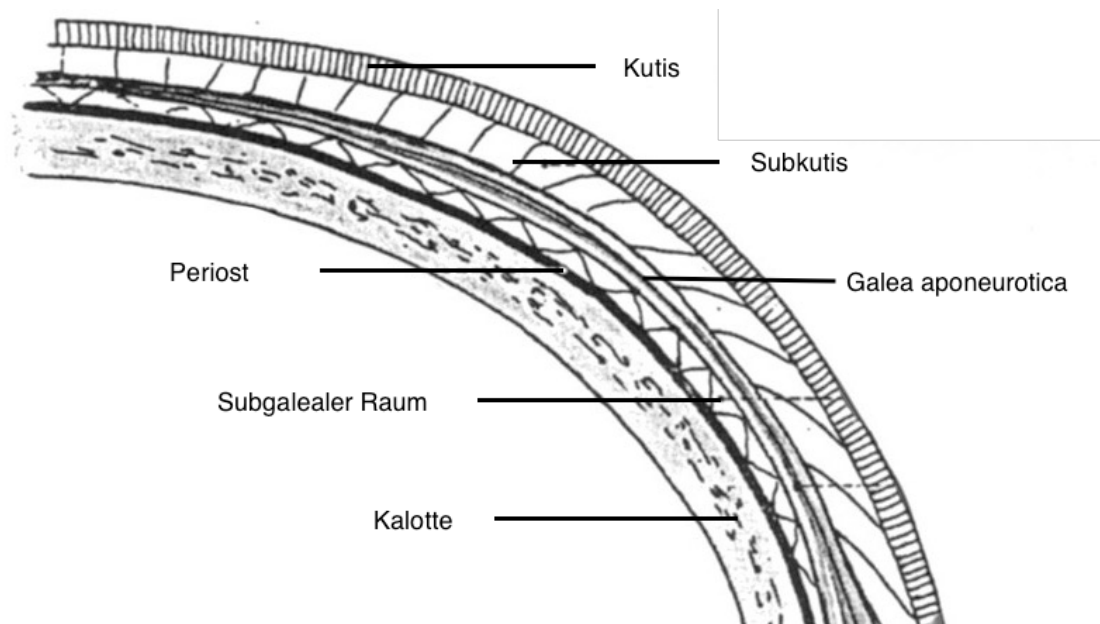


Abb. 1: Kalotte mit Weichteilen nach Hafferl [20]

2.2. Elastizitätsgrenzen und Belastungsgrenzen

Als Elastizitätsgrenze wird diejenige Kraft bezeichnet, welche maximal u.a. durch Zug und Dehnung auf einen Körper oder Gewebe ausgeübt werden kann, sodass diese sich ohne eine Deformierung wieder in den ursprünglichen Zustand zurückbilden können [6]. Sellier bezeichnet dies in Bezug auf Schädel und Gehirn als „Toleranz“, welche eine „physikalische Größe“ sei, „die gerade noch keine Schädigung verursacht“ [45].

Aufgrund der unterschiedlichsten Unfallmöglichkeiten im Zusammenspiel mit der körperlichen Individualität des Menschen ist eine Ermittlung einheitlicher Werte nur annähernd möglich [19]. Mittels verschiedener Versuchsanordnungen werden Belastungsgrenzen an Objekten v.a. im Rahmen der Verkehrsmedizin untersucht.

Kombinierte Betrachtungen der Resultate erlauben jedoch die Angabe von Wertebereichen [19]. Dies gilt auch für die Kopfschwarte. Die Kopfschwarte hat für den Schädel grundsätzlich eine Schutzfunktion, da sie bei stumpfen Traumen einen Teil der einwirkenden Energie aufnimmt [36]. Über die Größenordnung dieser Schutzfunktion können keine Angaben gemacht werden. Die Kopfschwarte ist stark individuell ausgeprägt.

2.3. Hautverletzungen nach stumpfer Gewalt

2.3.1. Rötung und Hämatom

Ein Erythem nach stumpfer Gewalteinwirkung ist auf eine reaktive Dilatation der Gefäße zurückzuführen [34, 17] und ist schnell reversibel, da es zu keiner Verletzung der Gefäßwand kommt [17]. Reißen die Gefäßwände durch den Einfluss von stumpfer Gewalt ein, so entsteht ein Hämatom [17, 29]. Die Größe des Hämatoms ist u.a. abhängig von den Eigenschaften der eingebluteten Gewebe [29]. Selten kommt es zu intrakutanen Blutungen, welche aufgrund der geringen Anzahl an Gefäßen in der Oberhaut punktförmig erscheinen.

2.3.2. Abschürfung

Wird das Korium durch tangentielle Krafteinwirkung beschädigt, führt dies zu einer Schürfwunde durch Abheben von Epithelzellen [39]. Die Folge einer sehr oberflächlichen Beschädigung kann eine punktförmige Blutung sein. Schürfverletzungen, die bis in die Dermis mit der Subkutis reichen, neigen eher zu Blutungen, da sich in dieser Gewebeschicht Gefäße befinden [38]. Abschürfungen der Epidermis sind bei Leichen als Austrocknungen zu erkennen [29, 39].

2.3.3. Riss-Quetsch-Wunde

Eine Riss-Quetsch-Wunde beschreibt eine Gewebedurchtrennung der Haut durch kinetisch-dynamische Krafteinwirkung [30]. Am Kopf kommt es durch tangentielle stumpfe Gewalt zu einer druckbedingten Quetschung der Haut zwischen einwirkendem Gegenstand und der Kalotte [17], somit entgegengesetzt wirkenden Kräften. Auf das durch die Quetschung verdrängte Gewebe wirken Zugspannungen, welche die Elastizitätsgrenze der Haut überschreiten, infolgedessen Risse entstehen [17, 29, 39]. Die auftretenden Verletzungen werden nach ihrem Entstehungsmechanismus als Riss-Quetsch-Wunde bezeichnet. Charakteristische Merkmale dieser Riss-Quetsch-Wunden sind Gewebebrücken, die häufig aus Gefäßen und Nerven bestehen [10, 17, 29, 39], welche durch unterschiedlich hohe Belastungsgrenzen der einzelnen Gewebe entstehen [29]. Außerdem kann es zu Unterminierungen der Wunde kommen [17]. Durch die geringe Verschieblichkeit und die knöcherne Unterlage der Kopfhaut ist dies die häufigste Lokalisation von Riss-Quetsch-Wunden [39]. Ein ebenfalls wesentliches Merkmal ist die Schürfung am Wundrand.

2.3.4. Skalpieren

Beim Skalpieren kann ein subgaleales Hämatom hervorgerufen werden, welches vorwiegend bei Kindesmisshandlungen durch tangentielle [24, 44] oder radiäre [44] Gewalteinwirkung, zum Beispiel durch massives Ziehen an den Haaren und dadurch bedingtes Abreißen der Galea aponeurotica vom Periost, entstehen kann [24]. Vor allem anastomosierende Venen werden bei dieser Gewalteinwirkung verletzt und verursachen ein subgaleales Hämatom [44].

2.4. Schädel-Hirn-Trauma und intrakranielle Blutungen

Als Schädel-Hirn-Trauma bezeichnet man eine temporäre oder bleibende Schädigung des Gehirnes, des Schädels oder einer Kombination beider meist nach Einwirkung stumpfer oder penetrierender Gewalt [48, 42]. Eingeteilt wird das Schädel-Hirn-Trauma nach Schweregraden in drei Stadien: *Commotio cerebri*, *Contusio cerebri* und *Compressio cerebri*. Vereinzelt wird auch über eine Schädelprellung berichtet, es kommt hierbei lediglich zu Schmerzen der gut innervierten Kopfhaut, sowie zu Hämatomen [29].

Es wird zwischen klinischen Symptomen und morphologischen Befunden differenziert. Klinisch bezieht man sich auf die Dauer der Bewusstseinsstörungen, Amnesien sowie weitere zentrale Störungen wie Übelkeit und Erbrechen [48, 29, 33].

Morphologisch wird beim Schädel-Hirn-Trauma die Schwere der organischen Verletzung bewertet. Bei der „Gehirnerschütterung“, *Commotio cerebri*, gibt es morphologisch keinen Anhalt auf Verletzung an Gehirn oder Schädelknochen [48, 29, 33].

Eine *Contusio cerebri* – Hirnprellung – ist häufig auf Beschleunigungs- oder Rotationstraumata zurückzuführen und geht mit Hirnparenchymschäden einher [33, 29]. Meist handelt es sich um Kontusionsblutungen in Form eines Coups, dem morphologischen Substrat auf der Seite der einwirkenden Gewalt, sowie eines Contrecoups auf der gegenüberliegenden Seite [33, 40]. Der Contrecoup ist üblicherweise deutlich ausgeprägter als der Anstoßherd [40].

Beim schwersten Schädel-Hirn-Trauma handelt es sich um eine *Compressio cerebri*, eine Gehirnquetschung, mit schweren irreversiblen Parenchymschäden bei Hirnkontusionen oder Ventrikeleinblutungen sowie sekundärer Ausbildung einer akuten transtentoriellen Herniation durch raumfordernde Blutungen mit Hirndruckanstieg [42]. Bei Parenchymverletzungen des Gehirnes unterscheidet man zwischen primären Defekten, die durch die einwirkende Gewalt direkt verursacht werden und sekundären Defekten infolge von Sauerstoffmangel oder venösem Rückstau durch Abflussbehinderung, die erst im Verlauf das gesunde Gewebe betreffen wie die eben genannte transtentorielle Herniation [42].

Epiduralblutungen liegen zwischen Schädelknochen und Dura mater und entstehen hauptsächlich durch traumatische Abscherungsverletzung der Arteria meningea media bei Schädeldachfrakturen [29, 33]. Die Blutung hat in der kranialen Computertomographie meist eine bikonvexe, linsenartige Form und ist in der koronaren Ebene gut von einer Subduralblutung zu unterscheiden.

Akute Subduralblutungen sind die häufigsten traumatisch bedingten intrakraniellen Blutungen [33], sie liegen zwischen der Dura mater und der Arachnoidea und entstehen oft durch Verletzung von Brückenvenen oder aus Contrecoup-Herden [29]. Ursächlich dafür sind häufig Rotationsbewegungen, wie sie bei festen Faustschlägen vorkommen, auch bei Schütteltraumata sind Subduralblutungen durch Zerreißen der Brückenvenen typisch [29]. Nach leichtem Trauma kann sich ein chronisches subdurales Hämatom über geraume Zeit hinweg entwickeln und erst nach Monaten Symptome verursachen [33]. In der kranialen Computertomographie ist häufig eine sichelförmige Raumforderung zu erkennen [29, 33].

Traumatische Subarachnoidalblutungen sind ebenfalls Folge von Rotations- [29] und Translationsbewegungen und sind im Gegensatz zu subduralen Blutungen eher arterieller Herkunft.

2.5. Verletzungsentstehung

2.5.1. Sturz

2.5.1.1. Sturz aus geringer Höhe

Dabei handelt es sich zumeist um Stürze aus sitzender oder liegender Position auf den Boden. Die Sturzhöhe beträgt meist nicht mehr als einen Meter, häufig weniger. In der Regel entstehen bei Aufschlag auf den Kopf nur Bagatellverletzungen. Vor allem Schürfwunden und Hämatome sind zu beobachten. Seltener kommen Riss-Quetsch-Wunden, in Ausnahmefällen Frakturen vor [40]. Die konkreten Sturzfolgen sind von denselben Bedingungen abhängig, die anschließend (siehe Sturz zu ebener Erde) dargestellt werden.

2.5.1.2. Sturz zu ebener Erde

Darunter versteht man Sturzgeschehen aus dem Stand bzw. aus aufrechtem Gang. Die Sturzhöhe entspricht maximal der Körpergröße der betroffenen Person. Die Verletzungsbefunde sind unter anderem abhängig von der Körperlänge, der Kopfbedeckung, der Bodenbeschaffenheit bzw. der Aufprallstelle des Kopfes [17]. Beim Sturz auf das Gesicht sind die Befunde überwiegend an den prominenten Partien lokalisiert. Bei Stürzen auf posteriore Kopfparten kann es zu Schädelbasisfrakturen mit schweren intrakraniellen Verletzungen kommen. Sturzbedingte Läsionen aus stehender Position liegen zumeist unterhalb der gedachten Hutkrempeleinie. Dagegen kann bei Befunden oberhalb dieser Linie der Verdacht auf eine Fremdbeibringung durch Schlag auf den Kopf geäußert werden [9].

2.5.1.3. Treppensturz – geringe bis größere Höhe

Die Befundmuster bei Treppenstürzen können sehr unterschiedlich sein und sind insbesondere von der Höhe der Treppe und vom Bekleidungsstatus der betroffenen Person abhängig. Die Sturzgeschehen sind zumeist schwer rekonstruierbar [13]. Bei Stürzen über zahlreiche Stufen können Verletzungen am ganzen Körper vorhanden sein, an den Armen insbesondere an den Streckseiten. Es können alle Verletzungsbefunde auftreten, die bereits bei Stürzen aus geringer Höhe genannt worden sind. Blutungen an den Hirnhäuten sowie Hirnkontusionen sind keine Seltenheit.

2.5.1.4. Sturz aus größerer Höhe

Im Allgemeinen wird von Sturzhöhen ausgegangen, die mindestens wenige Meter betragen [27]. In der Praxis kommen häufig Fensterstürze und Abstürze im Gebirge vor. Meistens stellen diese Geschehnisse Unfälle dar [40]. Dabei kommt es in der Regel zu Verletzungen am gesamten Körper: Schürfungen, Hämatome, Riss-Quetsch-Verletzungen, Frakturen und Organzerreißen [17]. Schwere innere Verletzungen können geringen äußeren Verletzungen gegenüberstehen.

2.5.2. Faustschläge

Faustschläge stellen die häufigste Form stumpfer Gewalt bei körperlichen Auseinandersetzungen dar. Sie sind zumeist gegen den Kopf gerichtet, seltener gegen Brust und Bauch. Insbesondere am Kopf können Schürfungen, Hämatome, gelegentlich Riss-Quetsch-Wunden entstehen – letztere fast ausschließlich im Gesicht. Bezüglich des Entstehungsmechanismus der Verletzungen am Kopf ist zwischen fixiertem und nicht-fixiertem, d.h. freibeweglichem Kopf zu unterscheiden. Bei fixiertem oder zumindest teilfixiertem Kopf, z.B. bei einem am Boden liegenden

Opfer, können durch Faustschläge häufiger Gesichtsfrakturen verursacht werden. Demgegenüber treten bei freibeweglichem Kopf eher Weichteilverletzungen, im Schädelinneren selten durch Rotation bzw. Translation bedingte Verletzungen auf [51].

3. Material

In einem Zweijahreszeitraum, von 2011 bis 2013, wurden im Münchner Obduktionsgut 26 Fälle aufgefunden, bei denen die Obduktionen Hämatome der Kopfschwarte und/oder des Periosts erbrachten, ohne dass am Kopf äußerlich sichtbare Verletzungen festgestellt wurden. Verletzungen in anderen Körperregionen stellten kein Ausschlusskriterium dar. Diese Fälle sind in Tabelle 1 näher charakterisiert.

Tab. 1: Übersicht - untersuchte Fälle: Geschlecht und Lebensalter

| Geschlecht | Fälle | | Lebensalter (Jahre) |
|---------------|-----------|-----------|------------------------|
| | n | \bar{x} | Variationsbreite |
| Männer | 13 | 57 | 20-86 |
| Frauen | 13 | 72 | 22-89 |
| Gesamt | 26 | 65 | 20-89 |

Alle Leichen zeigten keinerlei Zeichen von stärkerer Autolyse oder Fäulnis. Die Obduktionen erfolgten maximal 3 Tage nach dem Todeseintritt.

Von 20 Fällen wurden Gewebeproben der Kopfschwarten für mikroskopische Untersuchungen asserviert (vgl. Abschnitt 4.2.).

Tab. 2: Detaillierte Falldarstellung

| Nr. | Fall-Nr. | Geschlecht | Alter | Ursache Kopfverletzung | Todesursache | Histo |
|-----|-------------|------------|-------|--|--|-------|
| 1. | 08-GS-02226 | w | 87 | Anschlagen an Gegenstände | Ertrinken | ja |
| 2. | 11-GS-02261 | w | 73 | unbekannt | Lungenembolie | nein |
| 3. | 12-GS-00018 | m | 47 | Schläge mit flachem großen Gegenstand | SHT | ja |
| 4. | 12-GS-00353 | m | 47 | unbekannt | Koronarthrombose | nein |
| 5. | 12-GS-01147 | w | 22 | Sturz aus großer Höhe | Polytrauma | nein |
| 6. | 12-GS-02540 | w | 87 | Anschlagen an Gegenstände | Ertrinken | ja |
| 7. | 12-GS-02589 | m | 75 | Sturz zu ebener Erde | erhöhter Hirndruck bei SHT | nein |
| 8. | 13-GS-00202 | m | 63 | Sturz zu ebener Erde | erhöhter Hirndruck bei SHT | nein |
| 9. | 13-GS-00661 | w | 68 | Faustschläge | Ersticken | ja |
| 10. | 13-GS-00835 | m | 67 | Sturz zu ebener Erde | Leberzirrhose nach C2 Abusus | ja |
| 11. | 13-GS-00864 | w | 88 | Sturz zu ebener Erde | Polytrauma | ja |
| 12. | 13-GS-00897 | w | 78 | Sturz aus großer Höhe | SHT mit Subarachnoidalblutung | ja |
| 13. | 13-GS-00972 | w | 84 | unbekannt | Herzmuskelhypertrophie bei KHK | ja |
| 14. | 13-GS-01027 | m | 78 | unbekannt | Pneumonie nach Subarachnoidalblutung bei SHT | ja |
| 15. | 13-GS-01072 | m | 20 | Sturz aus geringer Höhe | Intoxikation | ja |
| 16. | 13-GS-01075 | m | 86 | unbekannt | Erhängen | ja |
| 17. | 13-GS-01077 | w | 76 | Sturz aus großer Höhe | Thoraxtrauma | ja |
| 18. | 13-GS-01119 | m | 42 | Anschlagen an Gegenstände | Hirnstammquetschung bei SHT | ja |
| 19. | 13-GS-01141 | m | 53 | Treppensturz | Polytrauma | ja |
| 20. | 13-GS-01147 | w | 73 | Sturz zu ebener Erde | Aneurysmaruptur Gehirn | Ja |
| 21. | 13-GS-01188 | w | 89 | Sturz zu ebener Erde | Aneurysmaruptur Aorta | Ja |
| 22. | 13-GS-01342 | w | 25 | unbekannt | Intoxikation | nein |
| 23. | 13-GS-01353 | m | 60 | unbekannt | offenbar akute Herzinsuffizienz | Ja |
| 24. | 13-GS-01466 | m | 37 | unbekannt | Intoxikation | Ja |
| 25. | 13-GS-00803 | w | 87 | Sturz aus geringer Höhe | Pneumonie | Ja |
| 26. | 13-GS-01539 | m | 68 | Sturz zu ebener Erde | Lungenembolie | ja |

4. Methode

4.1. Makroskopie

Obduktion des Kopfes:

Einblutungen in die Kopfschwarte sind in der Regel leicht erkennbar. Beim Abziehen der Kopfschwarte wird einerseits Einblick auf ihre Innenfläche, d.h. auf das subgaleale Bindegewebe möglich. Andererseits kann das Periost des nunmehr freiliegenden Schädeldachs gut beurteilt werden und hier lokalisierte Blutungen sind ebenfalls problemlos feststellbar.

Fotografische Dokumentation:

Von den 26 Fällen (vgl. Tab. 4) zeigen 25 Einblutungen in die Kopfschwarte, nur in einem Fall bestand eine isolierte Periosteinblutung. Alle Einblutungen wurden fotografisch dokumentiert. In einzelnen Fällen wurden zusätzlich Aufnahmen gefertigt, nachdem Schnitte in die Innenfläche der Kopfschwarte gesetzt wurden, um die Blutungstiefe innerhalb der Schichten der Kopfschwarte zu demonstrieren. Ferner wurde die korrespondierende äußere Kopfhaut, die keine erkennbaren Verletzungen aufwies, fotografiert, ggf. unter Entfernung der Kopfhaare.

Verletzungsentstehung:

Zu diesem Zweck wurden die polizeilichen Ermittlungsakten ausgewertet. In 18 Fällen konnte auf die Ursache der Traumatisierung des Kopfes rückgeschlossen werden. In 8 Fällen wurden Einblutungen festgestellt, die durch die primären polizeilichen Feststellungen keine Erklärung fanden. Die Verletzungen von Kopfschwarte und Periost des Schädeldachs wurden mit den polizeilichen Erkenntnissen zur möglichen Entstehung verglichen, um die Plausibilität der Verletzungsentstehung zu begründen.

Nach makroskopischer Beurteilung der Kopfschwarteneinblutung und Gewebeentnahme wurden die Präparate nach ausreichender Fixierung zur mikroskopischen Untersuchung eingebettet, geschnitten und gefärbt.

Für die Auswertung werden im Folgenden Haut, Subkutis, Galea aponeurotica sowie das subgaleale Bindegewebe bzw. der subgaleale Raum als Kopfschwarte zusammengefasst. Das Periost wird als unabhängiges Gewebe gesondert betrachtet.

4.2. Mikroskopie

Gewebeproben:

In 20 der 25 Fälle mit positiven Befunden war die Gewinnung von Kopfschwartenproben für histologische Untersuchungen möglich. Es wurde jeweils ein bikonvexes Gewebestück entnommen, das den Übergang von unversehrtem zu eingeblutetem Gewebe umfasste. Die Proben wurden in 4%iger gepufferter Formalinlösung fixiert.

Präparate:

Nach Fixierung der Gewebeproben erfolgte der Zuschnitt. Dabei war zu beachten, dass jeweils die Grenze des Unverletzten zum Eingebluteten erfasst wurde.

Anschließend wurden die Proben mittels aufsteigender Alkoholreihe (70%, 80%, 96%, 100%) entwässert. Um eine Verbindung der entwässerten Präparate mit Paraffin zu ermöglichen, wurden sie mit Xylol versehen. Anschließend wurden sie in Paraffin eingebettet.

Danach wurden 5-10 µm dicke Mikrotomschnittpräparate hergestellt und auf Objektträger aufgebracht. Danach erfolgte die Entparaffinisierung durch Xylol und die anschließende Behandlung mit einer absteigenden Alkoholreihe (100%, 96%, 80%, 70%).

Zur Differenzierung der unterschiedlichen Schichten und zur Lokalisation der Blutungsareale wurden für die Präparate verschiedene Färbungen verwendet: Hämalaun-Eosin-Übersichtsfärbung, Elastica-van-Gieson-Färbung, Eisenfärbung und die Goldner-Masson-Färbung.

Angewandt wurde ein Lichtmikroskop der Marke Leitz (Geräte-Typ: Laborlux D, Serien-Typ: 94 16 57). Mit einem digitalen Mikroskop wurden Aufnahmen in 12,5-facher und 50-facher Vergrößerung angefertigt.

4.3. Beurteilung

Die makroskopischen und mikroskopischen Ergebnisse wurden anhand der eigenen Beobachtungen sowie unter Verwendung der Obduktionsberichte beschrieben.

Besonderes Augenmerk fiel dabei auf:

- Unversehrte behaarte Kopfhaut
- Innere Kopfschwarteneinblutung
- Knochenhauteinblutung
- Schädeldachverletzung
- Intrazerebrale Blutungen
- Verletzungsentstehung

5. Ergebnisse

5.1. Verletzungsgeschehen

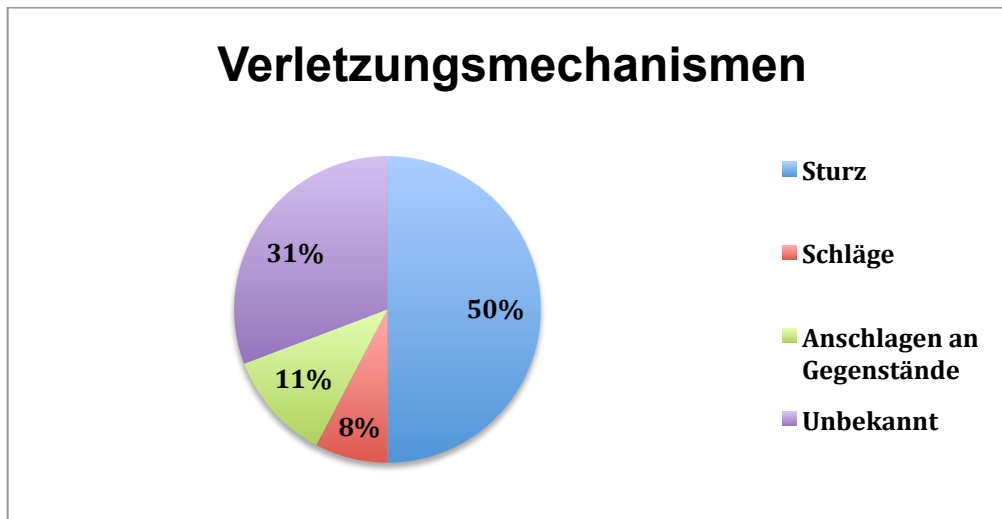


Abb. 2: Verteilung der Verletzungsursachen

In Abb. 2 ist die prozentuale Verteilung der Verletzungsmechanismen aufgeführt, die zu den nachgewiesenen Verletzungen geführt haben.

Kriminalpolizeiliche Ermittlungen erbrachten in 13 Fällen Stürze als ursächliche Verletzungsgeschehen. Differenziert fanden sich darunter Stürze zu ebener Erde ($n = 7$), aus geringer ($n = 2$) und großer Höhe ($n = 3$), sowie ein Treppensturz. Durch Anschlagen an Gegenstände sind in 3 Fällen Kopfschwartenverletzungen entstanden. Zwei Fälle dieser Studie erwiesen sich als Tötungsdelikte, einmal durch Schläge mit einem Gegenstand und einmal durch Faustschläge.

Tab. 3: Detaillierte Verteilung der Verletzungsursachen

| Verletzungsgeschehen | n |
|-----------------------------|-----------|
| Sturz zu ebener Erde | 7 |
| Sturz aus geringer Höhe | 2 |
| Sturz aus großer Höhe | 3 |
| Treppensturz | 1 |
| Schläge mit Gegenständen | 1 |
| Faustschläge | 1 |
| Anschlagen an Gegenstände | 3 |
| Unbekannt | 8 |
| Gesamt | 26 |

5.2. Befunde

5.2.1. Makroskopische Befunde

Unter den 26 registrierten Fällen befanden sich 25 Galeahämatome bei unverletzter Kopfhaut, in einem Fall war ausschließlich das Periost betroffen. In insgesamt 17 Fällen zeigten sich Einblutungen, die jeweils die Kopfschwarte und das Periost betrafen. Dagegen war in den übrigen 8 Fällen das Periost unversehrt.

Kalottenfrakturen wurden in 10 Fällen diagnostiziert. In 2 Fällen wurden Epiduralblutungen, in 8 Fällen subdurale Blutungen diagnostiziert. Subarachnoidalblutungen stellte man bei 7 Fällen fest. Kontusionsherde am Gehirn waren bei 6 Schädel-Hirn-Traumen vorhanden.

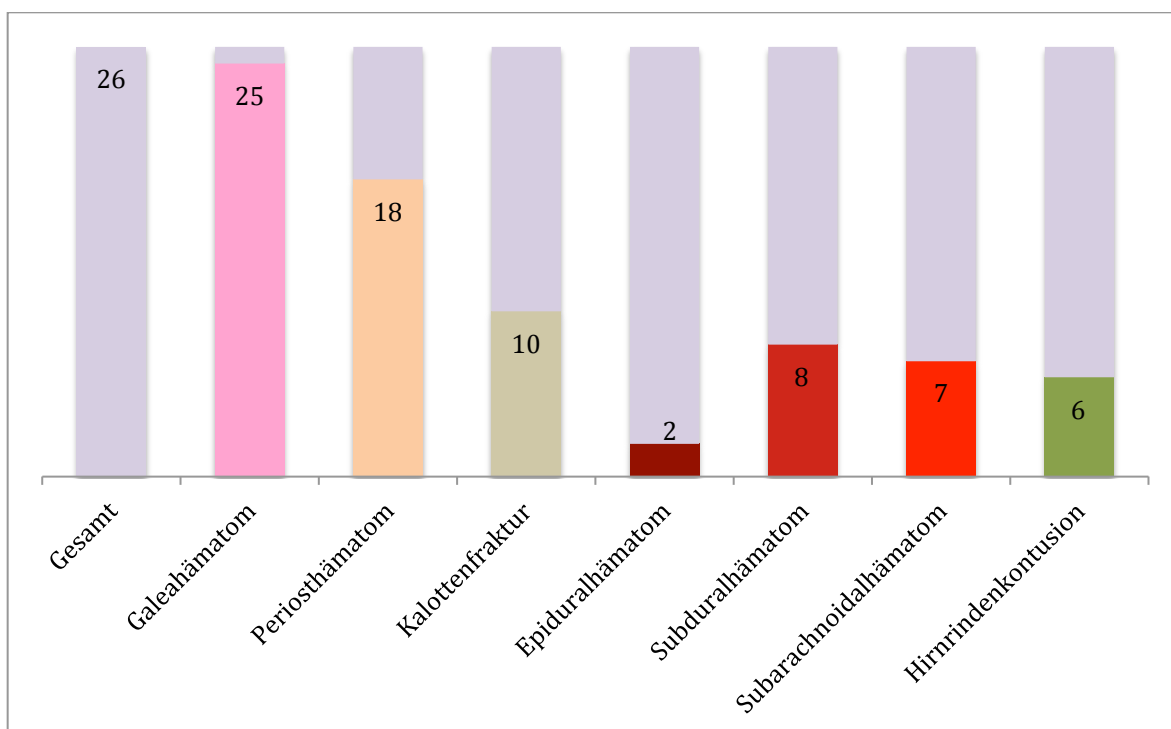


Abb. 3: Häufigkeit der makroskopischen Befunde in Abhängigkeit von der Lokalisation

Tab. 4: Makroskopische Befundkombinationen

| Kombinationen | Anzahl (n) | Galea- hämatom | Periost- hämatom | Kalotten- fraktur | Epidural- hämatom | Subdural- hämatom | Subarachnoidal- blutung | Hirnrinden- kontusion |
|---------------|---------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| | 7 | x | | | | | | |
| | 6 | x | x | | | | | |
| | 2 | x | x | x | | x | | |
| | 2 | x | x | x | | x | x | |
| | 1 | | x | | | | | |
| | 1 | x | x | x | | | | |
| | 1 | x | x | x | | x | | x |
| | 1 | x | | x | | x | | x |
| | 1 | x | x | x | | | x | x |
| | 1 | x | x | x | | x | x | x |
| | 1 | x | x | x | x | x | x | x |
| | 1 | x | x | | x | | | |
| | 1 | x | x | | | | x | |
| Gesamt | 26 | 25 | 18 | 10 | 2 | 8 | 7 | 6 |

5.2.2. Mikroskopische Befunde

Es wurden bei 20 Fällen Gewebeproben entnommen und mikroskopisch auf die Verteilung der Einblutungen untersucht. In allen Fällen zeigten sich in der Galea erythrozytäre Extravasate. Blutungen, die dicht über oder unter der Galea lagen, wurden in 15 Fällen nachgewiesen. In 17 Fällen befanden sich Blutungsareale im festen subkutanen Fettgewebe. In der gleichen Anzahl der Fälle (n = 17) konnten Erythrozyten sogar bis in das Hautniveau nachgewiesen werden.

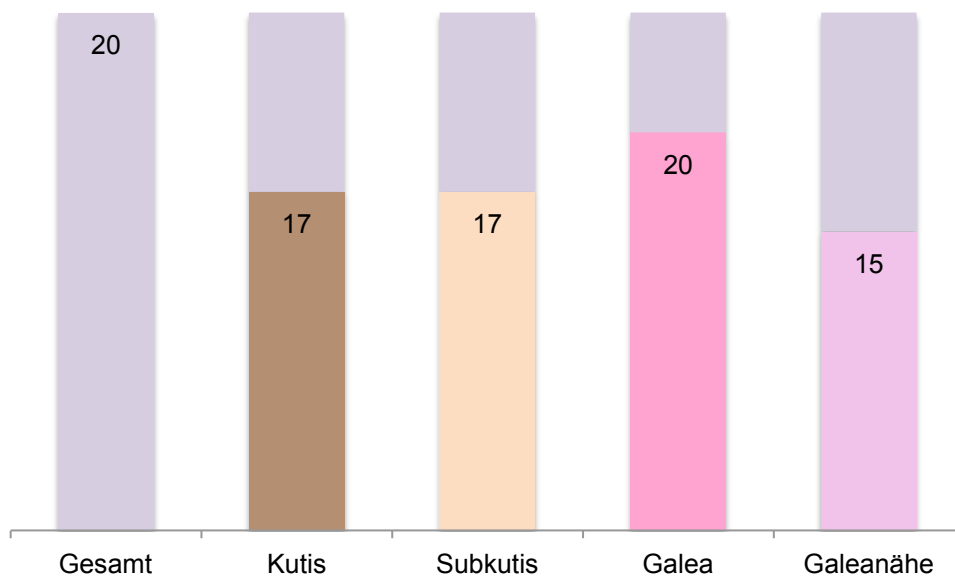


Abb. 4: Häufigkeit der mikroskopischen Befunde in Abhängigkeit von der Lokalisation

5.3. Fallvorstellungen

Im Folgenden werden Befundkombinationen beispielhaft an 8 Fällen dargestellt. Dabei erfolgt die Fall-Nummerierung gemäß Tab. 2, S. 21, der vorliegenden Arbeit.

5.3.1. Isolierte Einblutung in das Periost

Bei einem Fall lag eine Periostblutung bei ansonsten unauffälligen kraniellen und zerebralen Strukturen vor. Ob sich die Blutungen in und/oder unter dem Periost befanden, konnte in Einzelfällen nicht abschließend geklärt werden, darum wird die Angabe im Folgenden auf „Einblutung in das Periost“ verallgemeinert.

Fall-Nr. 13-GS-01342

Im Fall einer 24-jährigen Frau lag eine isolierte Periosteinblutung vor (Abb. 5). Die darüber befindliche Kopfschwarte und das Schädeldach waren nicht betroffen. Eine Ursache für diese Verletzung konnte laut Kriminalpolizei nicht eruiert werden. Die Person wurde tot im Bett liegend aufgefunden.



Abb. 5: Fall 13-GS-01342
Periosthämatom

5.3.2. Galeahämatome mit oder ohne Periostbeteiligung

Bei der Hälfte der Fälle (n = 13) dieser Studie handelte es sich um Einblutungen, die ausschließlich in der Galea oder in der Galea und dem Periost lokalisiert waren, jedoch waren keine weiteren Strukturen an Schädel und Gehirn betroffen. Isolierte Kopfschwartenverletzungen ohne Periostbeteiligung wurden in 7 Fällen registriert. In 6 Fällen wurde sowohl in der Kopfschwarte, als auch in der Knochenhaut eine Verletzung nachgewiesen. Äußerlich gab es keine Hinweise auf etwaige Traumen, die auf ein inneres Verletzungsgeschehen schließen ließen.

Fall-Nr. 11-GS-02261:

Der Obduktionsbefund einer 73-jährigen Frau, die tot am Boden liegend aufgefunden wurde, zeigte neben anderen Verletzungen ein äußerlich nicht erkennbares Kopfschwartenhämatom mit einer Größe von etwa 6 x 6 cm am Hinterhaupt ohne Beteiligung des Periosts. Zunächst wurde das Hämatom in der innersten Galea aponeurotica angeschnitten (Abb. 6). Der Schnitt wurde dann in die Tiefe erweitert und nach Durchtrennen der faserartigen Galea war das unversehrte subkutane Fettgewebe zu erkennen (Abb. 7). Es bestanden keine weiteren Schädel-Hirn-Verletzungen. Todesursächlich war laut Obduktionsbefund eine lange bestehende Herz-Lungen-Erkrankung im Sinne einer Myokardhypertrophie mit Perikard- und Pleuraerguss und eines chronischen Lungenemphysems sowie einzelnen Lungenembolien.

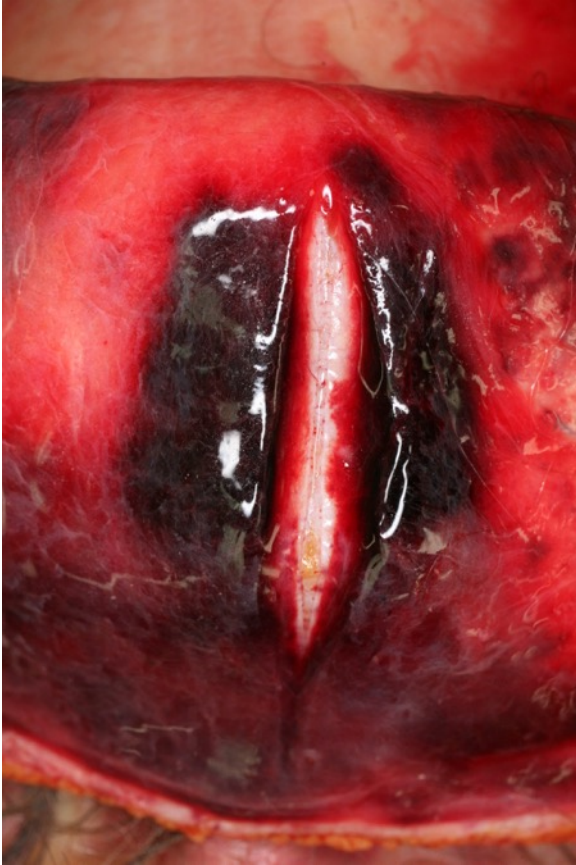


Abb. 6: Fall 11-GS-02261
Kopfschwartenhämatom am
Hinterhaupt: Anschnitt bis auf die Galea
aponeurotica

Oben: frontal

Unten: okzipital



Abb. 7: Fall 11-GS-02261
Kopfschwartenhämatom am
Hinterhaupt: Anschnitt bis in die
Subkutis

Oben: frontal

Unten: okzipital

Fall-Nr. 13-GS-01077:

Bei einem Fenstersturz aus etwa 6 Metern Höhe, wahrscheinlich aus suizidaler Absicht, kam die 76-jährige Frau infolge eines schweren stumpfen Thoraxtraumas mit hohem Blutverlust ums Leben. Als einziges Anzeichen auf ein stumpfes Trauma gegen den Kopf stellte man ein Kopfschwartenhämatom über dem rechten Schläfenmuskel fest (Abb. 9). Die Muskelfaszie wurde ebenfalls leicht unterblutet. Bereits die fixierte Kopfschwartenprobe (Abb. 10) ergab Anzeichen auf die erythrozytären Extravasate von Galea, Subkutis, bis in die Kutis reichend. Histologisch konnte dieser Verdacht ebenfalls bestätigt werden.



Abb. 8: Fall 13-GS-01077
behaarte Kopfhaut ohne erkennbare
äußere Verletzung

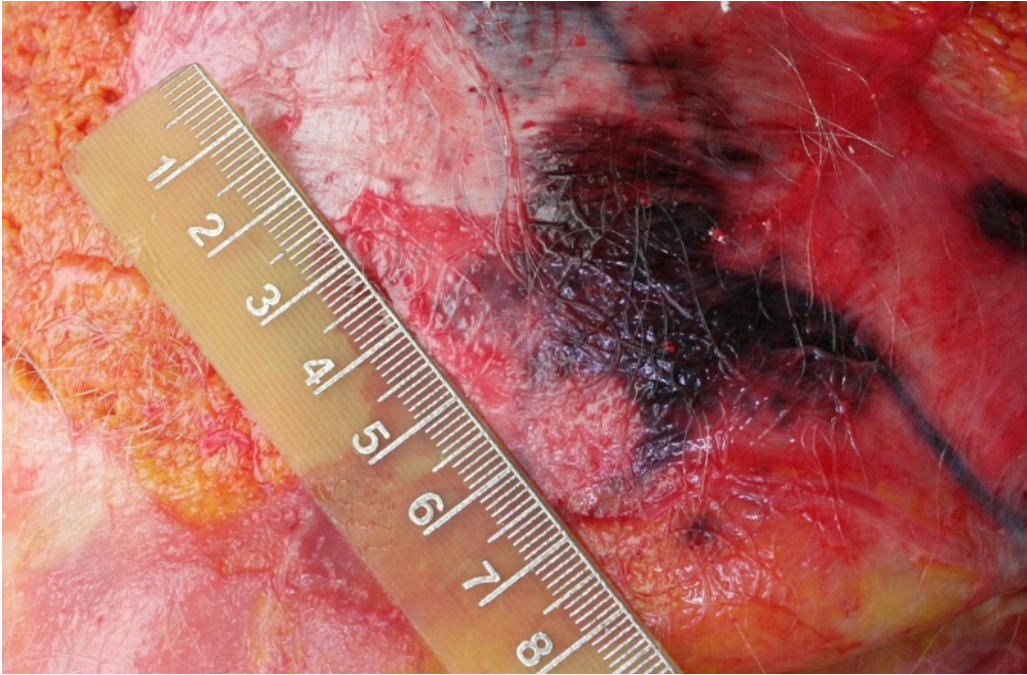


Abb. 9: Fall 13-GS-01077
Galeahämatom nach Fenstersturz



Abb. 10: Fall 13-GS-01077
Fixierte Kopfschwarzenprobe mit Einblutung bis in die Kutis

Fall-Nr. 08-GS-02226:

Eine 87-jährige Frau wurde tot in Bauchlage in einer mit Wasser gefüllten Badewanne aufgefunden. Der Kopf, überwiegend aber auch der übrige Körper, befand sich vollständig unter Wasser; lediglich das linke Bein lag über dem Wannенrand. Aufgrund der ungewöhnlichen Position und der Kenntnis, dass sie am Todestag gegen ärztlichen Rat ein Krankenhaus verlassen hatte, wurde eine gerichtliche Sektion angeordnet. Hierbei wurden im Scheitelhinterhauptbereich eine 7 cm x 5 cm messende sowie eine weitere im Durchmesser 3 cm messende Einblutung in der Kopfschwarte festgestellt. Weitere den Kopf betreffende Verletzungen fanden sich nicht. Die Obduktion erbrachte, dass die Frau infolge von Ertrinken auf nicht natürliche Weise verstorben sei. Eine Einwirkung durch dritte Hand konnte durch die Obduktion weder bestätigt noch ausgeschlossen werden. Eine Rekonstruktion erbrachte, dass die ungewöhnliche Auffindungssituation durch einen Sturz in die Badewanne mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zu erklären war.

Aufgrund von weiteren Ermittlungen wurde ein Tatverdächtiger letztlich wegen Tötung der Frau durch Ertrinken verurteilt.



Abb. 11: Fall 08-GS-02226
Galeahämatom

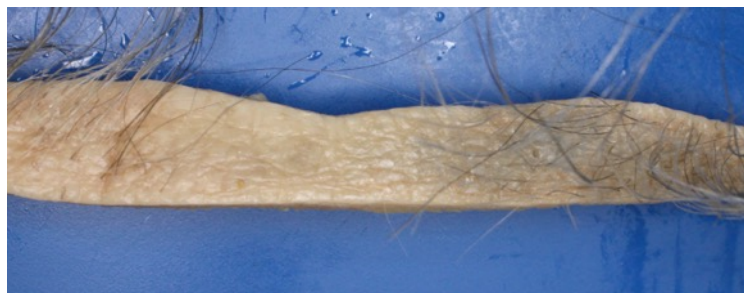


Abb. 12: Fall 08-GS-02226
Unverletzte Kopfhaut

5.3.3. Galeahämatome mit Periostbeteiligung und weiteren kraniellen bzw. intrakraniellen Verletzungen

In 10 Fällen wurden unter Galeaverletzungen zugleich Kalottenfrakturen diagnostiziert. In 9 dieser Fälle mit Kalottenfrakturen kam es zu weiteren Verletzungen in Form von meningealen Blutungen sowie Prellungsherden am Gehirn.

Fall-Nr. 13-GS-00202:

Ein 63-jähriger Mann stürzte vor dem Tod mehrfach, so auch 4 Tage vor Todeseintritt. Klinisch wurden intrazerebrale Blutungen diagnostiziert, infolgedessen der Patient an erhöhtem Hirndruck verstarb. Die Obduktion erbrachte ein schwarz-rotes Galeahämatom in der rechten Schläfenregion (Abb. 13), sowie ein Galeahämatom in der linken Schläfen-Hinterhaupt-Region, das bis in das Periost reichte.



Abb. 13: Fall 13-GS-00202
Galeahämatom über dem
rechten Schläfenmuskel



Abb. 14: Fall 13-GS-00202
Unverletzte behaarte Kopfhaut
über dem
Kopfschwartenhämatom

Äußerlich waren keine Anzeichen auf eine Kopfverletzung vorhanden (Abb. 14). In den Schläfenmuskeln waren beidseits grobfleckige Blutungen sichtbar. Darunter befanden sich beidseits Frakturlinien, die einem unvollständigen, ringförmigen in der Zirkumferenz gelegenen Schädeldachbruch zugehörig waren (Abb. 15).



Abb. 15: Fall 13-GS-00202
Unterblutung im linken
Schläfenmuskel sowie Frakturlinie

Flüssiges und koaguliertes Blut konnte unter der harten Hirnhaut nachgewiesen werden (Abb. 16). Unter der weichen Hirnhaut fanden sich sowohl frontal als auch temporal gelegene kräftige Blutungen, ferner waren Kontusionsblutungen der Hirnrinde vorhanden. Alle genannten Befunde konnten durch das 4 Tage zurückliegende Sturzgeschehen ausreichend begründet werden.



Abb. 16: Fall 13-GS-00202
Subdurale Blutkoagel,
Kontusionsblutungen

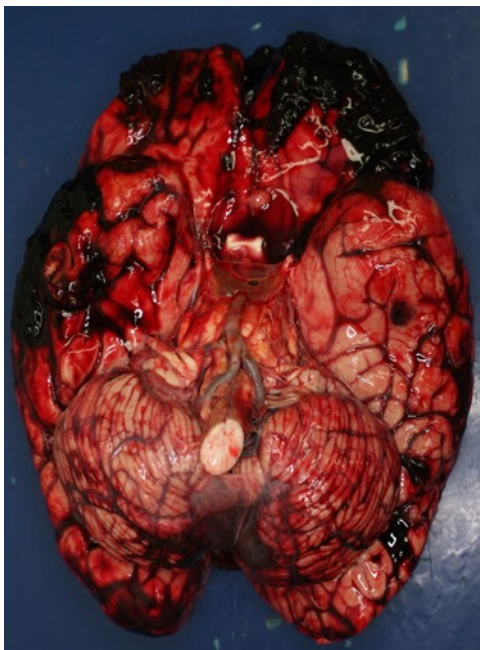


Abb. 17: Fall 13-GS-00202
Blutungen, darunter fanden sich
Kontusionsblutungen

Fall-Nr. 13-GS-01119:

Bei einem Verkehrsunfall mit Frontalzusammenstoß zwischen einem PKW und einem LKW verstarb ein 42-jähriger Mann unmittelbar durch schwere Hirnstammverletzung bei einem schweren Schädel-Hirn-Trauma. Während im Gesicht und an anderen Körperteilen Verletzungen vorlagen, fanden sich an der behaarten Kopfhaut keine Verletzungen (Abb. 18).

Nach Abziehen der Kopfschwarte fand sich hier eine intensive schwarz-rötliche Einblutung über dem mittleren Hinterhaupt bis auf das Periost reichend (Abb. 19). Es lagen ein Globusbruch mit Zentrum am Stirnbein sowie spärliche subdurale und subarachnoidale Blutungen vor.



Abb. 18: Fall 13-GS-01119
unverletzte Kopfhaut



Abb. 19: Fall 13-GS-01119
ausgedehnte Galea- und
Periostealblutungen. An der
Schnittkante die Hautschicht fast völlig
frei von Einblutungen.

In der fixierten Kopfschwartenprobe war das Hämatom unterhalb der Galea aponeurotica deutlich erkennbar. Bei genauer makroskopischer Betrachtung konnte der Verdacht geäußert werden, dass vereinzelte geringgradige Einblutungen über das subkutane Fettgewebe hinaus bis an die Lederhaut heranreichten (Abb. 20).



Abb. 20: Fall 13-GS-01119
Fixierte Kopfschwartenprobe: Subgaleales Hämatom, fraglich vereinzelte
erythrozytäre Extravasate bis in das Unterhautfettgewebe und die
Lederhaut.

Bei der histologischen Untersuchung wurden massenhaft Erythrozyten unterhalb der Galea aponeurotica festgestellt. Zusätzlich zeigten sich Blutungsareale innerhalb der Galea und, wie bereits vermutet, auch spärlich im Unterhautfettgewebe und in der Lederhaut.

Fall-Nr. 13-GS-01539:

Im Zuge eines agonalen Sturzes bei fulminanter Lungenembolie zog sich ein 68-jähriger Mann schwere Kopfverletzungen unter einer unverletzten Kopfhaut zu (Abb. 21). Es handelte sich um zwei Hämatome. Eines der Galeahämatome befand sich über der Scheitelhöhe, das zweite über dem hinteren rechten Scheitelbein auf das Hinterhaupt übergreifend (Abb. 22). Die vordere Blutung lag über einer Längsfraktur der Schädelkalotte, die sich als Pfeilnahtsprengung präsentierte (Abb. 23) und über die Lambdanaht in eine Schädelbasisfraktur überging. Hier lag die hintere Blutung über der Fraktur. Das Periost war ebenfalls massiv unterblutet (Abb. 23, Abb. 24).

Bei der Entnahme des Gehirns fanden sich Areale mit Subarachnoidalblutungen sowie Kontusionsblutungen der Hirnrinde. Die Schädel-Hirn-Verletzungen stellten angesichts der fulminanten Lungenembolie nicht die Todesursache dar.



Abb. 21: Fall 13-GS-01539
Unverletzte behaarte Kopfhaut (Zustand nach Sektionsschnitt).



Abb. 22: Fall 13-GS-01539
Massives
Kopfschwartenhämatom vor
allem über dem rechten
Hinterhaupt



Abb. 23: Fall 13-GS-01539
Blick auf die Kalotte nach Abziehen
der Kopfschwarte: Schädelfraktur,
Blutung im Periost im direkten
Vergleich zu unversehrten Kopfhaut



Abb. 24: Fall 13-GS-01539,
Ansicht auf gesamte
unterblutete Scheitel-
Hinterhauptregion. An der
Schnittkante ist die
Hautschicht fast frei von
Einblutungen.

Fall-Nr. 12-GS-00018:

Ein 47-jähriger Mann wurde in einer Küche, tot auf dem Fußboden liegend, neben einer Sitzbank aufgefunden. Zunächst wurde angenommen, dass der Betroffene auf der Bank geschlafen hätte und von der Sitzfläche auf den Boden gerutscht sei. Bei der Obduktion wurde an der behaarten Kopfhaut lediglich eine kleine Schürfung festgestellt, keinerlei weitere Verletzungen (Abb. 25). Im Gesicht fanden sich einige Schürfungen sowie eine geringgradige Riss-Quetsch-Verletzung an der Lippe. Nach Abziehen der Kopfschwarte wurde eine rot-schwarze Einblutung in die Galea von bis zu 14 cm Durchmesser festgestellt, die teilweise bis in das Periost reichte. Unmittelbar unter dieser Galeaverletzung befand sich eine Kalottenfraktur, die vom Stirnbein links über eine inkomplette Sprengung der Kranznaht bis zu einer beinahe kompletten Pfeilnahtsprengung reichte (Abb. 26, 27).



Abb. 25: Fall 12-GS-00018
Anteil der vorderen Schnittkante: Behaarte Kopfhaut mit stecknadelkopfgroßer Schürfung und Periosteinblutung

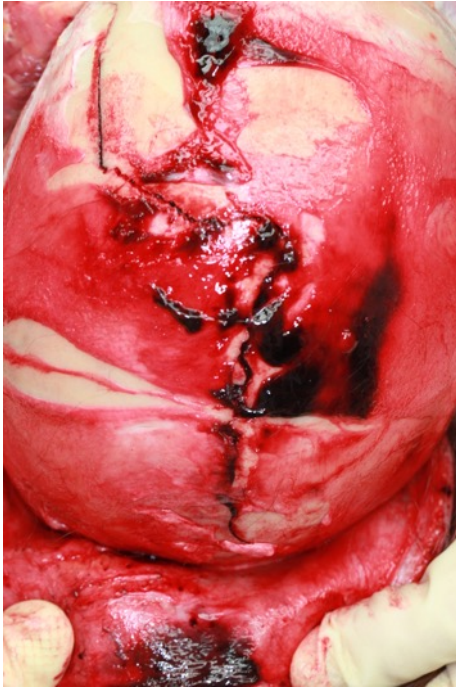


Abb. 26: Fall 12-GS-00018
Kalottenfraktur mit Beteiligung
des linken Stirnbeins, sowie der
Kranz- und Pfeilnaht.
Fleckförmige
Periostunterblutung.
Unterer Bildrand: subgaleales
Hämatom, dem unverletzten
Kopfhautareal der Abb. 22
entsprechend.



Abb. 27: Fall 12-GS-00018
Anteil der hinteren Schnittkante:
Unverletzte behaarte Kopfhaut
über der Kalottenfraktur.

Nach Abnahme des Schädeldachs befand sich unter der Pfeilnahtsprengung ein geringgradiges Epiduralhämatom (Abb. 28). Bei Entnahme des Gehirns bestand in der vorderen Schädelgrube ein gering ausgeprägtes subdurales Hämatom (Abb. 30), an gleicher Stelle waren ein Hämatom unter der weichen Hirnhaut sowie zahlreiche Hirnrindenkontusionen vorhanden (Abb. 29). Bei der histologischen Aufarbeitung der entnommenen Kopfschwartenprobe konnten erythrozytäre Extravasate ausschließlich in der Galea festgestellt werden (Abb. 31, 32).



Abb. 28: Fall 12-GS-00018
Epiduralhämatom

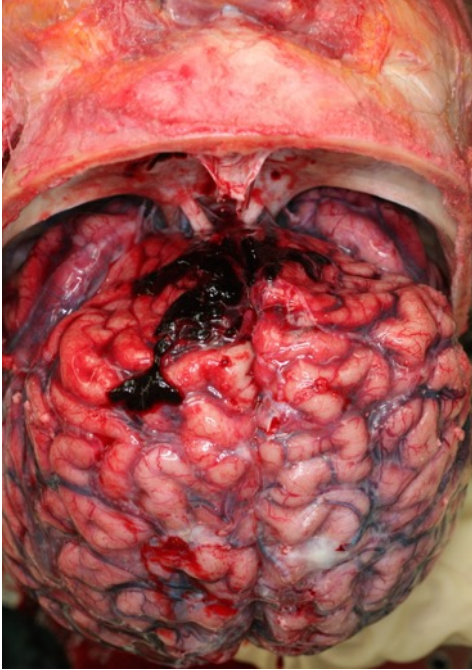


Abb. 29: Fall 12-GS-00018
Kontusionsblutungen an beiden
Stirnlappen



Abb. 30: Fall 12-GS-00018
Subdural gelegene Blutkoagel in
der vorderen Schädelgrube

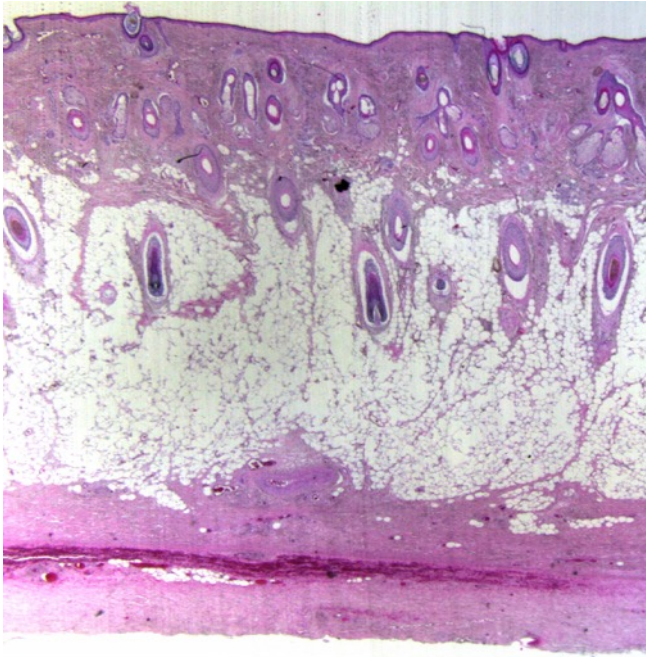


Abb. 31: Fall 12-GS-00018
HE-Färbung 12,5x
Einblutung in die Galea
aponeurotica

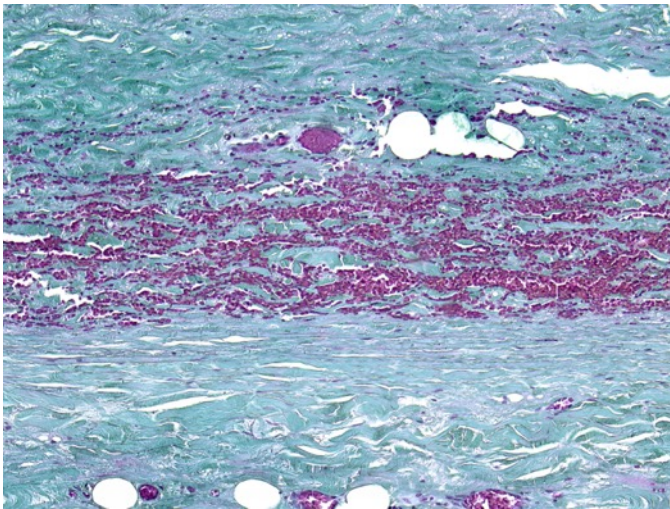


Abb. 32: Fall 12-GS-00018
Goldner-Masson-Färbung 100x
Einblutung in die Galea
aponeurotica

Die Lokalisation der Befunde in der Mitte der Schädeldecke und der Schweregrad der Schädel-Hirn-Verletzungen konnten dem zunächst vermuteten Herunterrutschen von der 52 cm hohen Bank nicht zugeordnet werden. Von Seiten des Gerichts wurde davon ausgegangen, dass es sich um eine Fremdeinwirkung mit einem 7,5 kg schweren Werkzeugkoffer aus weichem Plastik gehandelt hat, der dem Betroffenen auf den Kopf geschlagen wurde.

6. Diskussion

Schweregrad der Verletzungen und Erkennbarkeit von außen

Im Rahmen dieser Dissertation wurde eine Studie an 26 Fällen durchgeführt, deren Obduktionen Blutungen an der Innenseite der Kopfschwarte bzw. am Periost des Schädeldachs aufdeckten. Für korrespondierende Verletzungen an der Körperoberfläche ergab sich bei der äußeren Leichenschau kein Hinweis. Bei einigen dieser Fälle wurden neben Kopfschwartenverletzungen weitere Schädel-Hirn-Verletzungen diagnostiziert, u.a. intrakranielle Blutungen und Frakturen. Histologisch waren Blutungen in allen Schichten der Kopfschwarte vorhanden, das Periost wurde keiner histologischen Untersuchung unterzogen. Makroskopisch wurde in 25 Fällen ein Hämatom in der abgezogenen Kopfschwarte und in 18 Fällen im Periost festgestellt. Besonders bemerkenswert ist, dass in 10 Fällen sogar Kalottenfrakturen teils kombiniert mit Epi- und Subduralhämatomen vorlagen. Ferner wurden in 7 Fällen Subarachnoidalblutungen, sowie sechsmal Hirnrindenkontusionen diagnostiziert. Die histologischen Studien zeigten, dass in allen untersuchten 20 Fällen die Galea aponeurotica betroffen war, 15mal zugleich ihre unmittelbare Umgebung, d.h. teils auch der subgaleale Raum. In 17 der histologisch aufgearbeiteten Fälle waren erythrozytären Extravasate in allen Schichten der Kopfschwarte, d.h. sogar in der Kopfhaut, nachweisbar, obwohl die äußere Betrachtung keine Anhalte für Hämatome erbrachte.

Somit ist festzustellen, dass zwischen dem Schweregrad eines relevanten Schädel-Hirn-Traumas und einer äußerlich erkennbaren Kopfschwartenverletzung kein zwingender Zusammenhang besteht. Demzufolge lässt das Fehlen äußerer Kopfschwartenverletzungen keine Schlussfolgerungen auf etwaige innere, sogar schwerwiegende Verletzungen des Kopfes zu.

Diese Aussage wird auch durch die im Detail diskutierten Fälle unseres Materials bestätigt.

Fall 13-GS-01342 zeigt eine isolierte Blutung im Periost, keine weitere Struktur des Schädel-Hirn-Bereichs ist hier betroffen. Wie unter anderem Sharman et al. [47] beschreiben, sind sowohl das Periost als auch die oberflächlicher liegenden Schichten der Kopfschwarte durch Äste der Meningealarterien sowie der inneren und äußeren Karotiden versorgt, welche untereinander durch Anastomosen ein arterielles

Geflecht bilden. Eine Blutung ausschließlich im Periost des Schädelknochens scheint demzufolge durch eine isolierte Verletzung der im Periost gelegenen Gefäßäste verursacht zu sein. Dabei handelt es sich häufig um einen forensisch-morphologischen Nebenbefund ohne Relevanz. Zumeist waren die Befunde am Periost mit Hämatomen der Kopfschwarte kombiniert, doch auch Blutungen in den anderen Strukturen der Kopfschwarte waren ohne Beteiligung des Periosts vorhanden.

Die Fälle 11-GS-02261, 13-GS-01077 und 08-GS-02226 beschreiben Kopfschwarteneinblutungen, bei denen teilweise auch das Periost betroffen ist. Fall 11-GS-02261 zeigt eine Kopfschwarteneinblutung, die sich makroskopisch nach Anschneiden des subgalealen Raumes in den tieferen Schichten der Kopfschwarte befindet. Nach Durchtrennen der Galea aponeurotica kann diese als Grenze der Unterblutung nach außen identifiziert werden. Sharman et al. [47] beschreiben die Galea aponeurotica als eine „sehnige Hülle“ mit einer Dicke von ca. 1-2 mm. Dies ist die offensichtliche Ursache dafür, dass sich die Blutung nicht bis in die oberflächlichen Schichten ausbreiten kann und somit äußerlich nicht zu erkennen ist. In Fall 13-GS-01077 handelt es sich um ein Sturzgeschehen aus 6 Metern Höhe. Dabei kommt es zu einer Kopfschwarteneinblutung, die entgegen dem in Fall 11-GS-02261 beschriebenen Hämatom bereits makroskopisch auf der Schnittfläche bis in die Kutis reicht. Hier scheint einzig die Epidermis jene Struktur zu sein, welche das Hämatom von außen nicht erkennen ließ.

Selbst noch intensivere Gewalteinwirkungen auf den Kopf müssen nicht zu äußeren Verletzungen führen. So kommt es bei einem Autounfall, Fall 13-GS-01119, zu einem tödlichen Schädel-Hirn-Trauma in Form einer massiven Hirnstammquetschung. Ein Kopfschwartenhämatom ist unmittelbar über einer Kalottenfraktur lokalisiert. Die größte Intensität dieser Blutung befindet sich am Hinterhaupt in der subgalealen Schicht der Kopfschwarte. Ähnlich schwerwiegende Verletzungen werden bei den Fällen 13-GS-01539 und 12-GS-00018 festgestellt: massive Kopfschwarteneinblutungen mit darunter befindlichen Schädeldachfrakturen und intrazerebralen Blutungen bei zum Teil massiven Kopfschwarteneinblutungen, die von außen nicht sichtbar sind.

Relevante traumatische subgaleale Hämatome kommen selten im Kindesalter vor und wurden in der Literatur erwähnt. Beispielsweise beschreiben Barry et al. [7] ein

massives subgaleales Hämatom bei einem 8 Monate alten Säugling, welcher aus geringer Höhe aus dem Bett stürzte. Erst später wurde bemerkt, dass ein subgaleales Hämatom vorlag, welches im weiteren Verlauf aufgrund einer hämatogenen Streuung infizierte. Bei dem Säugling hat die subgaleale Blutung aufgrund ihrer Intensität letztlich zu einer Deformierung des Kopfes geführt. Ein derartiger Befund wird bei der vorliegenden Studie, die ausschließlich Kopfverletzungen Erwachsener umfasst, nicht beobachtet. Mayer et al. [32] berichten ebenfalls über ein massives subgaleales Hämatom nach einem geringen Schädel-Hirn-Trauma bei einem 14-jährigen Jungen ohne knöcherne Verletzungen. Es wird von einer Verletzung der Vv. emissariae ausgegangen, die schließlich zu einer großen Blutung im subgalealen Raum führt. Diese publizierten Fälle zeigen einerseits in Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen, dass selbst massive Einblutungen an der Kopfschwarte nicht in jedem Fall sichtbar sein müssen. Andererseits wird deutlich, dass Traumen geringer Intensität zu deutlichen Einblutungen in unterschiedliche Schichten der Kopfschwarte führen können, ohne dass gravierende innere Kopfverletzungen bestehen. Zwischen Traumaintensität und äußerem bzw. innerem Verletzungsbefund des Kopfes besteht offensichtlich ebenfalls kein stringenter Zusammenhang.

Biomechanische Eigenschaften

Ursächlich für fehlende äußere Verletzungen scheint die Struktur der Kopfschwarte zu sein: Die Hautdicke sowie die Bestandteile wie kollagene und elastische Fasern verleihen der Kopfschwarte bei Druck- und Längenbelastung die besondere Eigenschaft, nach Dehnung der kollagenen Fasern wieder den ursprünglichen Zustand durch Wirkung elastischer Fasern einzunehmen [25]. Die biomechanischen Eigenschaften sind auch abhängig vom Lebensalter infolge der Abnahme der Anzahl an kollagenen und elastischen Fasern. Hinzukommt, dass die Haut in Abhängigkeit der Topographie, sowie des Alters und Geschlechts eine unterschiedliche Dicke aufweist [25]. Frauen sollen im Allgemeinen eine dünnere Haut besitzen. Hayman et al. [22] erläutern eine Abnahme der Dicke der Dermis ab einem Alter von etwa 60 Jahren und eine Abnahme der Dicke der Epidermis ab einem Alter von 80 Jahren. Demzufolge könnte man damit rechnen, dass sichtbare Kopfschwartenhämatome in höherem Alter häufiger auftreten. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, die Fälle

von 20- bis 89-Jährigen umfasst, lassen eine derartige Tendenz nicht erkennen. Zwischen den untersuchten Proben von 13 Frauen und 13 Männern sind keine Unterschiede erkennbar. Allerdings ist die geringe Anzahl der Proben zu beachten.

Ommaya et al. [37] stellen fest, dass die Entstehung einer Kopfschwartenverletzung – Kontusion oder Riss-Quetsch-Wunde – die Überschreitung der Belastungsgrenzen der Strukturen der Haut voraussetzt. Im Fall einer Kontusion mit Kopfschwartenhämatom betrifft dies die Belastungsgrenzen besonders der kleinen Blutgefäße. Beim Auftreten einer Riss-Quetsch-Wunde müssen dagegen die Belastungsgrenzen der Bindegewebsfasern überschritten werden, damit letztlich ein Defekt an der Haut verursacht wird.

Einerseits werden die Grenzen der Belastungen, bei denen an der Kopfschwarte Verletzungen auftreten, durch zahlreiche Faktoren beeinflusst wie Lebensalter, Geschlecht, Konstitution, unterschiedliche Verschieblichkeit der Kopfschwarte, Art des Verletzungsmechanismus und Bekleidung. Andererseits könnten die Belastungsgrenzen nur an Lebenden ermittelt werden. Dieser Umstand schließt weitere Untersuchungen aus. Bestimmungen der Belastungsgrenzen der anatomischen Strukturen der Kopfschwarte sind somit nicht möglich. Aus verschiedenen Verletzungsmustern kann bei bekanntem Verletzungsmechanismus nur auf die Relation der Belastungsgrenzen geschlossen werden, z.B. werden Kapillaren durch geringere Kräfte destruiert als Bindegewebsfasern.

Auf diese Problematik wird auch von Gülich [19] hingewiesen. Allein die anatomischen Regionen des Schädels zeigen differente Belastungsgrenzen: frontal Kräfte zwischen 4,0 kN [43] und 6,2 kN [4], lateral 2,0 kN [43] und 5,2 kN [5], okzipital bis max. 12,5 kN [3]. Diese Variabilität ist unter anderem auf die unterschiedlichen Dicken der anatomischen Regionen des Schädels zurückzuführen, die sich zusätzlich zwischen verschiedenen Individuen unterscheiden. Ferner führt Gülich [19] aus, dass unterschiedliche Versuchsbedingungen, d.h. die Art des konkreten Verletzungsmechanismus, die ermittelten Grenzen der Belastungen deutlich beeinflussen können.

In der vorliegenden Studie zeigt sich in gravierender Weise, dass selbst Schädelbrüche ohne von außen erkennbare Verletzungen an der Haut auftreten können. Demgegenüber gehört die Behandlung von Riss-Quetsch-Wunden zur

klinischen Routine, ohne dass zwingend knöcherner Verletzungen vorliegen.

Fehlen äußerer Verletzungen und bildgebende Diagnostik

Schwere innere Verletzungen sind an Brust und Bauch bekannt, ohne dass an der Körperoberfläche Verletzungszeichen vorliegen. Über derartige Konstellationen haben Seufert et al. [46] bei Thoraxtraumen berichtet, z.B. infolge von Stürzen aus großer Höhe oder Verkehrsunfällen. So kann es zu einer Ruptur des linken Herzvorhofs mit daraus resultierendem Hämatothorax nach einem Sturz aus 5 Meter Höhe kommen. Äußere Verletzungen lagen nicht vor. Vergleichbare Fälle werden auch in der rechtsmedizinischen Praxis beobachtet. Seufert et al. [46] weisen darauf hin, dass bei einer entsprechenden Anamnese bzw. Auffindungssituation dringend eine radiologische Untersuchung zu empfehlen ist, um zeitnah etwaige gravierende Befunde festzustellen und bei noch lebenden Personen intervenieren zu können. Gleiches gilt für stumpfe Bauchtraumen, die ebenfalls keinen äußeren Verletzungsbefund erkennen lassen müssen.

In diesem Sinne äußern sich Du Chesne et al. [14] in Bezug auf Säuglinge und Kleinkinder. Bei diesen sind die Folgen von Schütteltraumen häufig nur schwer durch äußere Besichtigung zu diagnostizieren, da selten Verletzungsspuren sichtbar sind. Auch Schläge müssen nicht zwingend zu sichtbaren Verletzungen führen. Bei Obduktionen dieser Autoren fanden sich 8 Tötungsdelikte, die ansonsten unerkannt geblieben wären. Da in dem sensiblen Bereich der Tötungsdelikte bei Kindern das tatsächliche Ergebnis durch äußere Leichenschau häufig nicht zu ermitteln ist, plädieren Du Chesne et al. [14] für Obduktionen, wenn die Todesursache zunächst unklar ist. Die allgemeine Erhöhung der Sektionsrate wäre in allen Altersgruppen wünschenswert.

Herrmann [23] erwähnt ebenfalls die Problematik des Schütteltraumas bei Kindern, welches häufig ohne äußere Verletzungsmerkmale verläuft. Die Erkennung der schwerwiegenden pathologischen Befunde wie subdurales Hämatom und diffuser Axonschaden ist nur im Rahmen einer Obduktion mit neurohistologischer Untersuchung möglich [2].

Matschke und Glatzel [31] weisen bei Kindern mit Schütteltrauma auf Verletzungen der Kopfhaut und Galea hin, die, wie es die vorliegende Arbeit aufzeigt, bei der äußeren Leichenschau nicht zwingend wahrnehmbar sind. Debertin und Sperhake [12] vertreten deshalb die Meinung, bezüglich des tödlichen Schütteltraumas beim Kind eine radiologische Untersuchung vor der Obduktion durchzuführen.

Auf die Diskrepanz zwischen Fehlen äußerer Kopfverletzungen und dem Vorhandensein schwerwiegender, teils sogar tödlicher Verletzungen innerhalb der Schädelhöhle wurde bereits Ende des 19. Jahrhunderts hingewiesen. Körber [28] berichtet über Schädelfrakturen mit darüber gelegener, unverletzter Kopfhaut. Die Frakturen seien jedoch teilweise beim Betasten des Schädels infolge der Krepitationen feststellbar gewesen. In einem Fall von Peitschenschlägen, die an der Kopfhaut kaum zu Verletzungen führten, verstarb das Opfer einige Tage später an epi- und subduralen Blutungen.

Berg [8] publiziert bereits 1933 detaillierte Befunde eines Falls, bei dem sich an der Kopfhautoberfläche keine Anhaltspunkte für Verletzungen ergeben, obwohl sich darunter eine Schädelfraktur befindet. Der Fall scheint vergleichbar mit den in dieser Arbeit beschriebenen Fällen Nr. 13-GS-01119 und 12-GS-00018.

Heutzutage sollte im klinischen Alltag zwingend eine radiologische Untersuchung in Form einer Computer- oder Magnetresonanztomographie zum Ausschluss einer schweren inneren Verletzung durchgeführt werden, wenn der Verdacht auf ein Schädel-Hirn-Trauma besteht, selbst wenn äußere Verletzungen fehlen.

Die Autoren Ross et al. [41] diskutieren die Relevanz einer postmortalen Magnetresonanztomographie (MRT) bei einem traumatischen Tod. Vor allem lassen sich mittels MRT Läsionen in den Weichteilen nachweisen. Insbesondere Galeahämatome sind mit einer Sensitivität von 95% gut abzubilden. Ein Hämatom in der MRT stellt sich als homogene Flüssigkeitsansammlung dar, welche differenzialdiagnostisch jedoch nicht immer von einem Weichteilödem zu unterscheiden ist. Demgegenüber sind kleinere knöcherne Frakturen in der MRT nicht sicher darzustellen. Darüber hinaus weisen Jalalzadeh et al. [26] auf bekannte Fakten hin: CT-Untersuchungen sind schneller, kostengünstiger und eher verfügbar als eine MRT und daher als erste Wahl für eine postmortale Bildgebung anzusehen.

Yen et al. [53] vergleichen in ihrer Studie Ergebnisse forensischer Bildgebungen mit Obduktionsbefunden bei traumatischen Kopfverletzungen. Sie beschreiben, dass die Obduktionsdiagnostik von Kopfschwartenverletzungen der bildgebenden Diagnostik „weit überlegen“ sei. Durch gezielte Verbesserung der radiologischen Befundung unter forensischem Aspekt könnten derartige Schwierigkeiten möglicherweise verringert werden.

Große Perdekamp et al. [18] erläutern die Auffindungssituation eines jungen Mannes, der auf dem gepflasterten Hof eines Hauses unterhalb eines in der 4. Etage geöffneten Fensters liegt. Die äußere Leichenschau ergab keinen Hinweis auf Verletzungen; ein Sturz aus dem Fenster wird ausgeschlossen bzw. nicht in Betracht gezogen. Erst die Obduktion zeigt die schweren tödlichen inneren Verletzungen. Diese Erkenntnisse, auch wenn sie nicht gezielt den Kopf betreffen, stimmen mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie im Grundsatz überein, dass äußere Verletzungen beinahe gänzlich fehlen können und eine schwerwiegende, sogar tödliche innere Verletzung dennoch vorhanden sein kann. Große Perdekamp et al. [18] beziehen die Position, dass nur die Erhöhung der Obduktionsrate Sicherheit bei der Aufklärung der Todesursache äußerlich unverletzter Verstorbener erbringen kann. In diesem Sinne äußerten sich auch Wirth und Strauch [52].

Die vorliegende Studie belegt die Notwendigkeit von Obduktionen zum Aufschluss von Schädel-Hirn-Traumen, auch wenn keine äußere Verletzung bei der Leichenschau festzustellen ist. Dabei können Auffindungssituationen und etwaige Vorgeschichten wegweisend sein. Selbst Tötungen infolge von Schädel-Hirn-Traumen können ohne Obduktion übersehen werden. Ggf. sollten vor der Obduktion bildgebende Verfahren angewandt werden. Darüber hinaus ergibt sich aus den dargestellten Fällen die Empfehlung, auch bei der Untersuchung Lebender bildgebende Diagnostik zum Ausschluss von schweren Schädel-Hirn-Verletzungen großzügig anzuwenden.

7. Zusammenfassung

Stumpfe Gewalt gegen den menschlichen Körper kann schwere und sogar tödliche innere Verletzungen verursachen, die an der Körperoberfläche kein Verletzungskorrelat aufweisen. Auch Gewalt gegen den Kopf kann in einigen Fällen zu oberflächlichen Kopfschwartenverletzungen bis hin zu schwersten Schädel-Hirn-Traumen führen, für die es äußerlich keinen Hinweis gibt. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Verletzungen des Kopfes bei 26 Leichen, bei deren Obduktionen ein Kopfschwarten- bzw. Periosthämatom und/oder innere Kopfverletzungen vorlagen. Äußerlich bestanden keinerlei Verletzungen am Kopf.

In insgesamt 25 Fällen konnte ein Kopfschwartenhämatom festgestellt werden, in einem Fall lag ausschließlich eine Periosteinblutung am Schädeldach vor. Häufig befanden sich weitere kraniale und intrakranielle Verletzungen (vgl. Tab. 4) unter den Kopfschwartenläsionen. In 5 Fällen stellte das Schädel-Hirn-Trauma sogar die Todesursache dar, in zwei der 26 Fälle konnten Tötungsdelikte aufgedeckt werden.

Eine mikroskopische Untersuchung der Kopfschwarte wurde an 20 Fällen durchgeführt. Die Histologie der entnommenen Kopfschwartenproben zeigte in 17 Fällen Einblutungen in die Kopfhaut. Die Galea aponeurotica war in allen mikroskopisch untersuchten Fällen betroffen.

Die behaarte Kopfhaut war in allen vorliegenden Fällen unversehrt, sodass bei der äußeren Leichenschau kein Hinweis auf eine innere Kopfverletzung vorlag. Erst bei den Obduktionen wurden die Befunde an den Weichteilen, sowie die tödlichen Kopfverletzungen diagnostiziert. Gründe für das Fehlen der äußeren Verletzungen scheinen neben der Verletzungsentstehung vor allem die biomechanischen Eigenschaften der Haut zu sein. Die Belastungsgrenzen der Kopfschwarte sind konkret nicht bekannt; es können anhand der Verletzungsmuster nur Rückschlüsse gezogen werden. In den vorliegenden Fällen dürfte die Belastungsgrenze der Kopfschwarte zumeist über der Belastungsgrenze der Blutgefäße, der Schädelknochen und der intrakraniellen Strukturen gelegen haben

Sowohl für den klinischen Alltag, als auch in Bezug auf die Leichenschau gilt es zu beachten, dass trotz fehlender sichtbarer Befunde ein schweres Schädel-Hirn-Trauma vorliegen kann. Oft ist dieses begleitet durch geringgradige Verletzungen wie Schürfwunden oder Riss-Quetsch-Wunden. Sollten diese fehlen, jedoch eine

verdächtige Auffindungssituation bzw. die Vorgeschichte für ein mögliches schweres Trauma sprechen, so ist eine Obduktion zur Klärung der Todesursache zu empfehlen. Bei Lebenden sind die üblichen bildgebenden Verfahren zum Ausschluss eines gravierenden Schädel-Hirn-Traumas anzuwenden.

8. Anhang

Färbungen

Hämalaun-Eosin-Färbung (HE-Färbung, Übersichtsfärbung):

1. Objektträger (OT) mit den Schnitten 15 Min in Xylol eintauchen zum Entparaffinieren
2. jeweils 1 Min OT in absteigende Alkoholreihe (100%, 96%, 80%, 70%) eintauchen
3. 5 Min OT spülen in Aqua dest.
4. 10 Min OT färben in Hämalaun-Lösung
5. 10 Min OT wässern unter fließendem H₂O
6. 15 Min OT färben in 2%er Eosin-Lösung
7. 5 Minuten OT unter fließendem H₂O bläuen
8. OT in aufsteigende Alkoholreihe (70%, 80%, 96%, 100%)
9. 10 Minuten OT in Xylol eintauchen
10. OT eindecken mit Deckgläschen und Eindeckmedium

Elastica van Gieson-Färbung (EvG-Färbung, Nachweis von elastischen Fasern):

1. Objektträger (OT) mit den Schnitten 15 Min in Xylol eintauchen zum Entparaffinieren
2. jeweils 1 Min OT in absteigende Alkoholreihe (100%, 96%, 80%, 70%) eintauchen
3. 25 Minuten OT färben in Resorcin-Fuchsin-Lösung unter Wärmelampe
4. OT 3 x spülen in 70%igem Alkohol
5. 10 Minuten OT färben in Eisenhämatoxylin nach Weigert
6. 20 Minuten OT bläuen unter fließendem H₂O
7. 5 Minuten OT färben in Pikrofuchsin
8. kurzes Bläuen
9. OT in aufsteigende Alkoholreihe (70%, 80%, 96%, 100%)
10. 10 Minuten OT in Xylol eintauchen
11. OT eindecken mit Deckgläschen und Eindeckmedium

Eisen-Färbung (Fe-Färbung, Nachweis von Eisen):

1. Objektträger (OT) mit den Schnitten 15 Min in Xylol eintauchen zum Entparaffinieren
2. jeweils 1 Min OT in absteigende Alkoholreihe (100%, 96%, 80%, 70%) eintauchen
3. 1 Minute OT spülen in Aqua dest.
4. 60 Minuten OT färben in 1:1-Mischung aus 2%igen Kaliumferrocyanid und 2,5%iger Salzsäure
5. 10 Minuten OT bläuen unter fließendem H₂O
6. 10 Minuten OT färben in Kernechtrot-Lösung
7. 10 Minuten OT bläuen unter fließendem H₂O
8. OT in aufsteigende Alkoholreihe (70%, 80%, 96%, 100%)
9. 10 Minuten OT in Xylol eintauchen
10. OT eindecken mit Deckgläschen und Eindeckmedium

Masson-Goldner-Trichrom-Färbung, Nachweis von Bindegewebe

1. Objektträger (OT) mit den Schnitten 15 Min in Xylol eintauchen zum Entparaffinieren
2. jeweils 1 Min OT in absteigende Alkoholreihe (100%, 96%, 80%, 70%) eintauchen
3. 3 Minuten OT färben in Eisenhämatoxylin nach Weigert
4. 10 Minuten OT bläuen unter fließendem H₂O
5. 5-10 Minuten OT färben mit Ponceau-Säurefuchsin-Lösung
6. 30 Sekunden OT spülen mit 1%iger Essigsäure
7. 1-5 Minuten OT eintauchen in Phosphorwolframsäure-Orange-G-Lösung zu Differenzierung bis zur Entfärbung des Bindegewebes [!] evtl. mikroskopische Überprüfung
8. 30 Sekunden OT spülen mit 1%iger Essigsäure
9. 2-5 Minuten OT färben in Lichtgrün zum Anfärben des Bindegewebes
10. 2-5 Minuten OT spülen mit 1%er Essigsäure
11. OT in aufsteigende Alkoholreihe (70%, 80%, 96%, 100%)
12. 10 Minuten OT in Xylol eintauchen
13. OT eindecken mit Deckgläschen und Eindeckmedium

9. Lebenslauf

10. Literatur

- 1 Aaron JE (2012) Periosteal Sharpey's fibers: a novel bone matrix regulatory system? *Front Endocrinol (Lausanne)* 3: 98
- 2 Adams JH, Doyle D, Ford I, Gennarelli TA, Graham DI, McLellan DR (1989) Diffuse axonal injury in head injury: definition, diagnosis and grading. *Histopathology* 15: 49-59
- 3 Advani S, Ommaya A, Yang W (1982) Head injury mechanism. In: Ghista (Hrsg.) *Human Body Dynamics*, Oxford Univ. Press
- 4 Advani SH, Powell WR, Huston J, Ojala SJ (1975) Human head impact response experimental data and analytical simulations, *Proc Intern Conf Biomechanics Serious Trauma*, S. 153-162
- 5 Allsop D, Perl TR, Warner CY (1991) Force/deflection and fracture characteristics of the temporo-parietal region of the human head. *Proc. 35th Stapp Car Crash Conf. SAE Technical Paper Nr. 912907*, S. 139-155
- 6 Arnold G (1974) Zur Bestimmung der Elastizitätsgrenze von Bindegewebsstrukturen in vitro. *Experientia* 30: 835-836
- 7 Barry J, Fridley J, Sayama C, Lam S (2015) Infected Subgaleal Hematoma Following Blunt Head Trauma in a Child. *Pediatr Neurosurg* 50: 223-228
- 8 Berg K (1933) Ein Faustschlag bewirkt Schädelbruch und tödliche Meningealblutung. *Dtsch Z gesamte gerichtl Med* 1: 226-230
- 9 Berg S P (1971), Die gewaltsamen Todesursachen. In: Berg SP (Hrsg.) *Sammlung medizinischer Grundrisse: Rechtsmedizin (9. Auflage)* Müller & Steinicke, S. 159
- 10 Betz P, Eisenmenger W (1993) Zur Dokumentation von Verletzungen. *Der Unfallchirurg* 96: 493-496
- 11 Bratzke H, Gilg T (1987) Tödliche Verblutung aus isolierter Kopfschwartenverletzung. *Arch Kriminol* 180: 101-106

- 12 Debertin AS, Sperhake JP (2008) Untersuchung und Dokumentation des nichtakzidentellen Schädel-Hirn-Traumas im Säuglings- und Kindesalter. Rechtsmedizin 18: 17-22
- 13 Driever F, Dettmeyer R, Madea B (2001) Zur Lokalisation von Verletzungen bei Treppenstürzen. Arch Kriminol 208: 105-113
- 14 Du Chesne A, Bajanowski T, Brinkmann B (1997) Spurenrarme Tötungsdelikte an Kindern. Arch Kriminol 199: 21-26
- 15 Ellis H, Mahadevan V (2014) The surgical anatomy of the scalp. Surgery 32: Supplement 1 e1-e5
- 16 Gerard E, Seery MD (2002) Surgical anatomy of the scalp. Dermatol Surg 28: 581-587
- 17 Grassberger M, Schmid H (2009) Der nichtnatürliche (gewaltsame) Tod. In: Grassberger M, Schmid H (Hrsg.) Todesermittlung Befundaufnahme & Spurensicherung. Springer, Wien, S. 87-214
- 18 Große Perdekamp M, Pollak S, Bohnert M, Thierauf A (2009) Äußere Leichenschau – Untersuchung mit begrenzten Erkenntnismöglichkeiten. Rechtsmedizin 19: 413-417
- 19 Güllich HA (1988) Biomechanische Belastungsgrenzen. Aktualisierte Literaturstudie zur Belastbarkeit des Menschen beim Aufprall. In: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung (Hrsg.), Bergisch Gladbach
- 20 Hafferl A (1953) Die Weichteile des Schädels, Die Weichteile des Schädeldaches. In: Lehrbuch der topographischen Anatomie Springer-Verlag S. 88-91
- 21 Harrison CM (2013) Scalp anatomy. Medscape, Artikel 834808
- 22 Hayman LA, Shukla V, Ly C, Taber KH (2003) Clinical an imaging anatomy of the scalp. J Comput Assist Tomogr 27: 454-459

- 23 Herrmann B (2007) Nichtakzidentelle Kopfverletzungen und Schütteltrauma – Klinische und pathophysiologische Aspekte. *Rechtsmedizin* 18: 9-16
- 24 Herrmann B, Dettmayer R, Banaschak S, Thyen U (2010) Körperliche Kindesmisshandlung - Hautbefunde. In: *Kindesmisshandlung - Medizinische Diagnostik, Intervention und rechtliche Grundlagen* Springer, Heidelberg, S. 51-71
- 25 Hussain SH, Limthongkul B, Humphreys TR (2013) The biomechanical properties of the skin. *Dermatol Surg* 39: 193-203
- 26 Jalalzadeh H, Giannakopoulos GF, Berger FH, Fronczek J, van de Goot FRW, Reijnders UJ, Zuidema WP (2015) Post-mortem imaging compared with autopsy in trauma victims – A systematic review. *Forensic Sci Int* 257: 29-48
- 27 Keil W (2017) *Traumatologie. Basics Rechtsmedizin*. Elsevier, S. 32-63
- 28 Körber B (1889) Gerichtsärztliche Studien über Schädelfracturen nach Einwirkung stumpfer Gewalten. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 29: 545-580
- 29 Madea B (2007) *Traumatologie und gewaltsamer Tod*. In: Madea B (Hrsg.) *Praxis Rechtsmedizin* 2. Aufl. Springer, S. 83-228
- 30 Marty F, Montandon D, Gumener R, Zbrodowski A (1986) Subcutaneous tissue in the scalp: Anatomical, physiological, and clinical Study. *Ann Plast Surg* 16: 368-376
- 31 Matschke J, Glatzel M (2008) Neuropathologische Begutachtung des nichtakzidentellen Schädel-Hirn-Traumas bei Säuglingen und Kleinkindern. *Rechtsmedizin* 18: 29-35
- 32 Mayer S, Gortner L, Abdul-Khaliq H, Papanagiotou P (2013) Subgaleal hematoma. *Indian J Pediatr* 81: 321
- 33 Müller M (2010) *Neurotraumatologie*. In: Müller M (Hrsg.) *Chirurgie für Studium und Praxis* Medizinische Verlags- und Informationsdienste, Breisach, S. 447-458

- 34 Navarro-Crummenauer B, Heroux V (2012) Leitsymptom Hauteinblutung bei Kindesmisshandlung. Monatsschr Kinderheilkd 160: 556-564
- 35 Nerlich M, Maghsudi M (1997) Polytrauma-Management – Präklinisches Handling und Schockraumversorgung. Notfall 0: 45-54
- 36 Oehmichen M, Auer RN, König HG (2006) Injuries of the brain's coverings. In: Oehmichen M, Auer RN, König HG (Hrsg) Forensic Neuropathology and Associated Neurology, S.111-150
- 37 Ommaya AK, Goldsmith W, Thibault L (2002) Biomechanics and neuropathology of adult and paediatric head injury. Br J Neurosurg 16: 220-242
- 38 Penning R, Anslinger K, Gilg T, Peschel O, von Meyer L (2006) Forensische Traumatologie – Verletzungen durch stumpfe Gewalt. In: Penning R (Hrsg) Rechtsmedizin systematisch. Uni-Med Bremen/London/Boston, S. 75-88
- 39 Ponsold A (1957) Stumpfe Gewalt In: Ponsold A (Hrsg.) Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Thieme, S. 327-339
- 40 Prokop O (1975) Der gewaltsame Tod – Wirkung des stumpfen Traumas im Körperinneren. In: Prokop O (Hrsg.) Forensische Medizin Gustav Fischer Verlag S. 184-218
- 41 Ross S, Ebner L, Flach P, Brodhage R, Bolliger SA, Christe A, Thali MA (2012) Postmortem Whole-Body MRI in Traumatic Causes of Death, AJR Am J Roentgenol 199: 1186-1192
- 42 Ruchholtz S, Nast-Kolb D (2002) Das Schädel-Hirn-Trauma, Chirurg 73:194-209
- 43 Schneider D, Nahum A (1972) Impact studies of facial bones and skull, Proc. 16th Stapp Car Crash Conf. SAE 720965, S. 186-203
- 44 Schultes A, Lackner K, Rothschild MA (2007) „Scalping“ Mögliches Phänomen der Kindesmisshandlung, Rechtsmedizin 17: 318-320
- 45 Sellier K (1971) Das Schädel Hirn Trauma, Z Rechtsmed 68: 239-252

- 46 Seufert K, Rees W, Hübner N, Glauner C, Christmann U, Warnecke H (1999) Linksatriale Herzruptur nach stumpfem Thoraxtrauma – erfolgreiche kardiochirurgische Behandlung nach Langzeitreanimation, *Intensivmed* 36: 46-50
- 47 Sharman AM, Kirmi O, Anslow P (2009) Imaging of the Skin, Subcutis and Galea Aponeurotica, *Semin Ultrasound CT MR* 30: 452-464
- 48 Uhl E, Tonn JC (2013) Schädel-Hirn-Trauma. In: Jauch KW, Mutschler W, Hoffmann JN, Kanz KG (Hrsg) *Chirurgie Basisweiterbildung* 2. Auflage Springer, Heidelberg/Berlin, S. 583-591
- 49 Waldeyer A, Waldeyer U (1975) Anatomie des Menschen. In: Waldeyer A (Hrsg.) *Anatomie des Menschen* Walter de Gruyter, S. 153-155
- 50 Weinig E, Zink P (1967) Über mechanische Eigenschaften der menschlichen Leichenhaut, *Dtsch Z Gesamte Gerichtl Med.* 60: 61-79
- 51 Wirth I, Strauch H (2006) Gewaltsamer Tod – Faustschläge und Fußtritte. In: Wirth I, Strauch H (Hrsg.) *Rechtsmedizin Grundwissen für die Ermittlungspraxis. Kriminalistik*, S. 101-102
- 52 Wirth I, Strauch H (2006) Gewaltsamer Tod – Stumpfe Gewalt, Verletzungen der Haut. In: Wirth I, Strauch H (Hrsg.) *Rechtsmedizin Grundwissen für die Ermittlungspraxis, Kriminalistik*, S. 72-74
- 53 Yen K, Lövblad KO, Scheurer E, Ozdoba C, Thali MJ, Aghayev E, Jackowski C, Anon J, Frickey N, Zwygart K, Weis J, Dirnhofer R (2007) Post-mortem forensic neuroimaging: Correlation of MSCT and MRI findings with autopsy results, *Forensic Sci Int* 173: 21-35
- 54 Zuschneid K (1966) Komplizierte stumpfe Bauchtraumen, *Langenbecks Arch Chir* 315: 208-244

11. Danksagung

Im Besonderen möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Wolfgang Keil für die außerordentliche Betreuung dieser Dissertation danken.

Ich danke Frau PD Dr. med. Inga Sinicina für die Unterstützung bei der mikroskopischen Auswertung meiner Präparate.

Frau Susanne Ring danke ich für die Unterstützung bei den Arbeiten im Labor und für ein immer offenes Ohr.

Außerdem danke ich meiner Familie.

12. Eidesstattliche Versicherung

Ich, Daniela Führer, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Schädel-Hirn-Traumen ohne äußere Verletzungen – Eine Studie an Obduktionsfällen

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ort, Datum

Unterschrift