

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Ergebnisse aus den Kumulativskizzen

#### 6.1.1 Frakturen mit Zentrum occipital

Occipital sind 24 Fraktursysteme mit 26 Berstungsfrakturen aufgetreten. Bis auf zwei Ausnahmen verlaufen alle durch Berstung entstandenen Frakturausläufer der zentralen Hinterkopffregion senkrecht nach unten in die hintere Schädelgrube. Diese sind im weiteren Verlauf gerade.

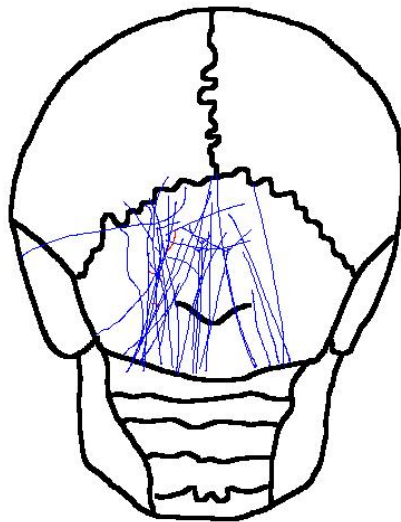


Abbildung 12: Kumulativskizze der Frakturen mit Frakturzentrum occipital; Berstungsausläufer sind blau, konzentrische Biegefrakturen rot dargestellt.

#### 6.1.2 Frakturen mit Zentrum kranial von occipital

Von 21 Fraktursystemen in diesem Bereich gehen 23 Berstungsfrakturen aus. Diese lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

- Ein Teil der Berstungsfrakturen verläuft auf der gleichen Schädelseite nach unten in die hintere Schädelgrube und schräg auf den hinteren Teil der Schädelseite.
- Die zweite Gruppe der Berstungsfrakturen zieht quer über den Hinterschädel auf die gegenüberliegende Schädelseite.

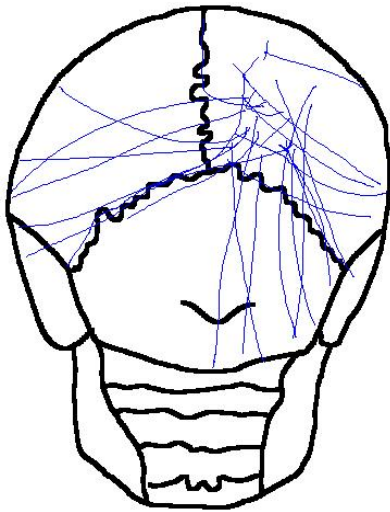


Abbildung 13: Kumulativskizze der Frakturen mit Frakturzentrum kranial von occipital

### 6.1.3 Frakturen mit Zentrum an der Schädelseite

Die Kumulativskizzen der Schädelseite lassen sich zusammenfassen.

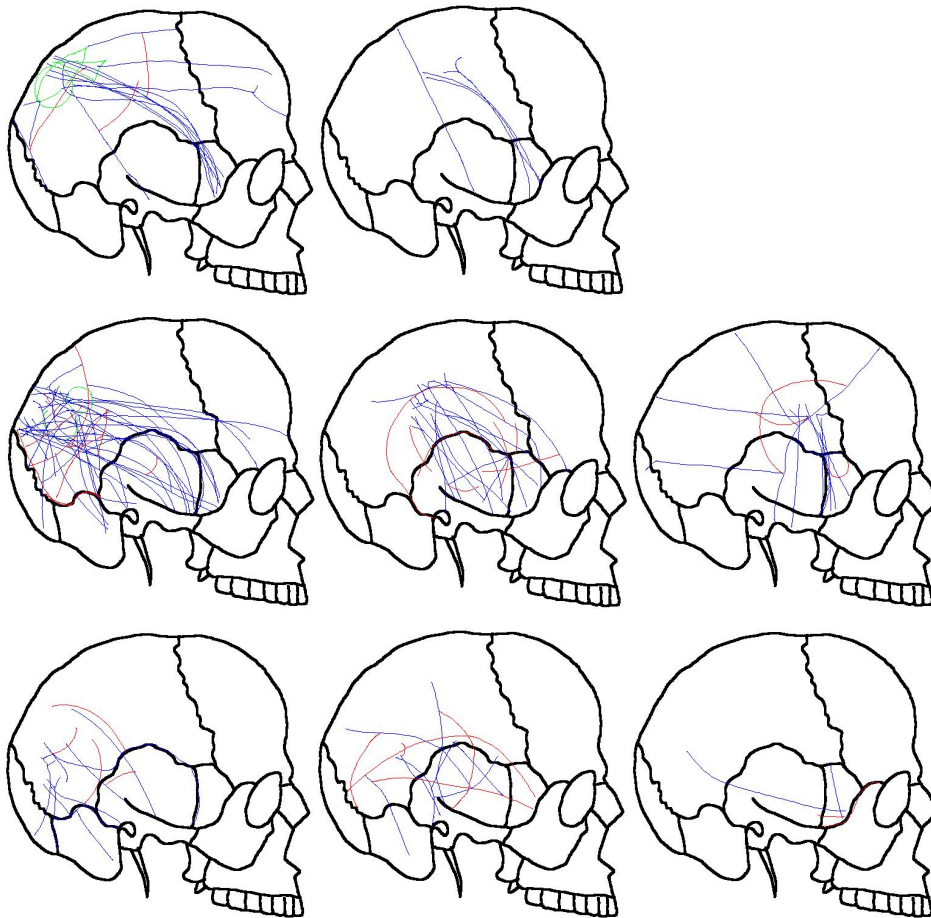


Abbildung 14: Kumulativskizzen der Frakturen mit Frakturzentrum an der Schädelseite. Berstungsausläufer sind blau, konzentrische Biegungsfrakturen rot und Lochbrüche grün dargestellt. Zusammen finden sich 79 Frakturausläufer.

Die Berstungsfrakturen verlaufen zumeist in eine vorn basal gelegene Region des seitlichen Schädels. Dieser Bereich der Schädelkalotte wird vor allem durch den großen Keilbeinflügel eingenommen.

Aus weiter occipital gelegenen Regionen der Schädelseite verlaufen die Brüche zunächst eher waagrecht nach vorn und biegen dann nach unten in die Gegend des Os sphenoidale ab. Frakturlinien aus weiter frontal gelegenen Frakturzentren verlaufen eher steiler nach unten und sind überwiegend grade.

#### 6.1.4 Frakturen mit Zentrum auf der Stirn

An der Stirn fanden sich insgesamt 17 Fraktursysteme mit zusammen 22 Berstungsfrakturen. In den Kumulativskizzen der Stirn befindet sich ein großer Anteil an konzentrischen Biegungsfrakturen bzw. Globusbrüchen. Dieser fällt insbesondere im Vergleich mit dem Hinter Schädel (Abbildung 12) auf.

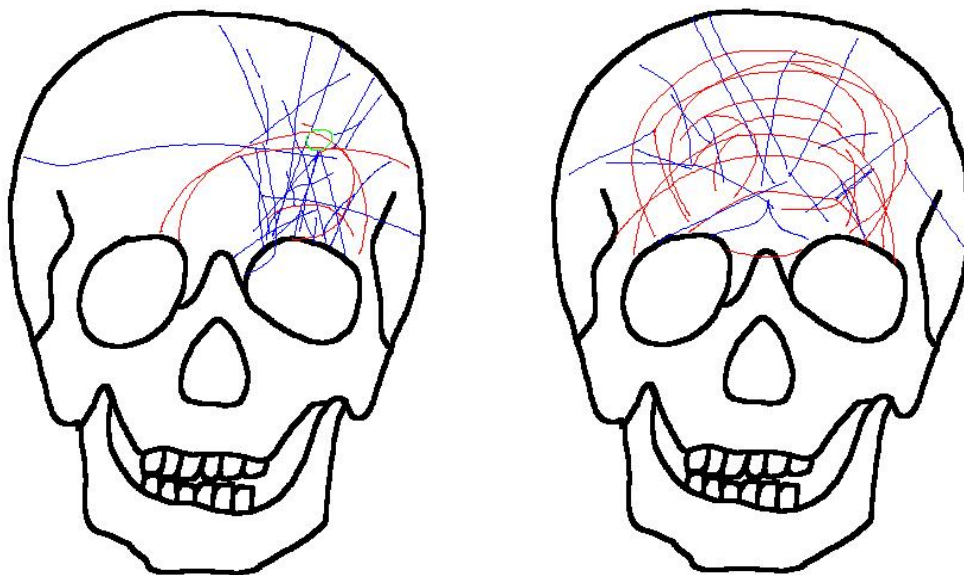


Abbildung 15: Kumulativskizzen der Frakturen mit Frakturzentrum auf der vorderen (links) und der zentralen (rechts) Stirn. Berstungsausläufer sind blau, konzentrische Biegungsfrakturen rot und Lochbrüche grün dargestellt.

## 6.2 Tabellarische Darstellung und Diagramme

### 6.2.1 Verhalten von Berstungsfrakturen an Schädelnähten

Die betreffenden Personen wurden in Altersgruppen von jeweils zehn Jahren zusammengefasst. Die Art wie sich die Frakturlinien bei Kontakt mit einer Schädelnaht verhalten, wurde im folgenden Diagramm dargestellt. Dabei ist nicht unterschieden um welche Schädelnaht es sich handelt. Es wurde diejenige Schädelnaht betrachtet, die von der Frakturlinie als erstes einbezogen wurde.

Wenn eine Frakturlinie eine Schädelnaht mit einer Stufe überquert, so ist das mit einem teilweisen Aufsprengen der Schädelnaht gleichzusetzen.

Der Anteil der Frakturen, die von einer Schädelnaht gestoppt werden oder die Schädelnaht ganz oder teilweise aufsprengen nimmt bei den Unter-60-jährigen eher zu.

Besonders hoch ist der Anteil an Frakturlinien, die von der Schädelnaht nicht beeinflusst werden bei den Unter-30-jährigen und bei den Über-90-jährigen, wobei diese Gruppen zahlenmäßig klein sind.

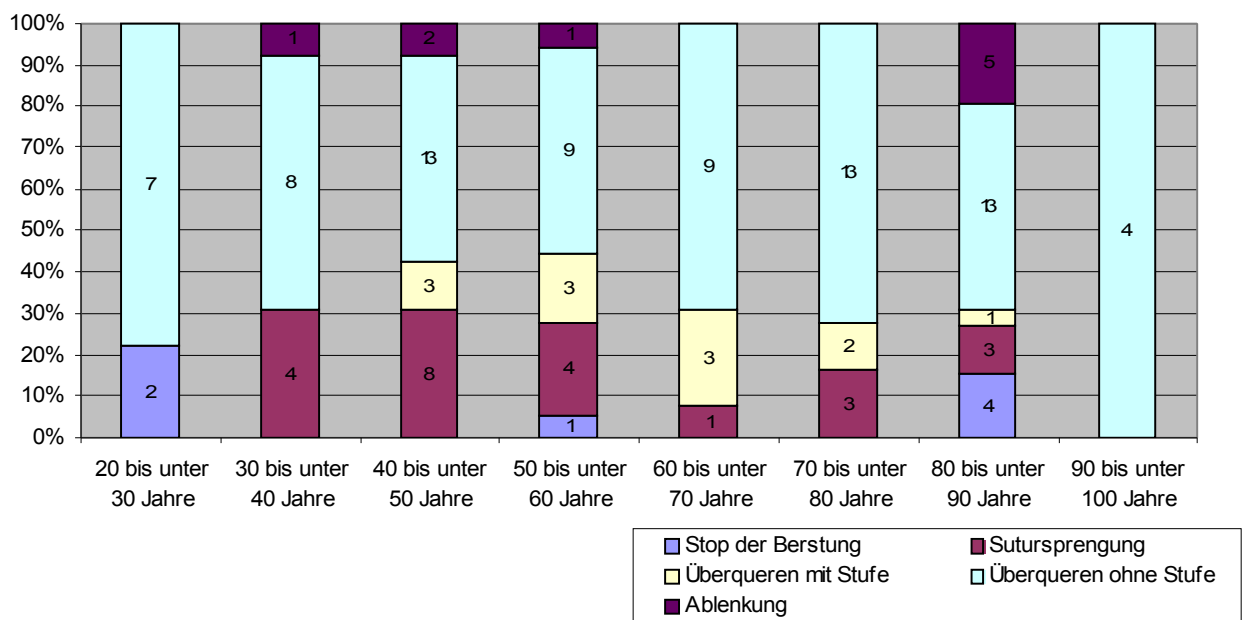


Diagramm 1: Verhaltensweisen der Berstungslinien beim Überqueren einer Schädelnaht in Abhängigkeit vom Alter der Person. Die Balken zeigen den prozentualen Anteil; die Zahlen geben die Fallzahlen an.

## 6.2.2 Zusammenhang zwischen Aufschlagpunkt des Schädels und der Richtung der Berstungsfrakturen

Die Aufschlagstelle des Schädels wurde mit der Richtung der resultierenden Berstungsfraktur verglichen. Dabei wurde der Ort des Frakturzentrums als Aufschlagstelle des Schädels angenommen.

Die erste Spalte der Tabelle 1 zeigt alle Orte, an denen sich wenigstens ein Frakturzentrum befand. Die folgenden Spalten benennen die Richtungen der Berstungsfrakturen. In den entsprechenden Zeilen ist die Anzahl der Berstungsfrakturen angegeben, die von einem Ort ausgehend in die jeweilige Richtung verliefen. Tabelle 2 beinhaltet die anteiligen Richtungen. Am Hinterkopf war die Richtung der Frakturausläufer davon abhängig, ob sich das Frakturzentrum weiter oben oder weiter unten befand, an der Schädelseite davon, ob das Frakturzentrum vorn oder hinten war.

Frakturzentrum Ort	Richtung der Frakturausläufer								Gesamt
	Oben	schräg oben vorne	Vorne	schräg vorn unten	unten	schräg hinten unten	hinten	schräg oben hinten	
hinten Mitte				2	24				26
hinten oben				8	6	8	1		23
Lambdanaht	3		2	7	3				15
Seite oben hinten			4	6	1	1	1		13
Seite Mitte vorne		1			7		2	1	11
Seite Mitte Mitte			1	7	4	1			13
Seite Mitte hinten			10	12	3	2	1		28
Seite unten hinten			1	4	1	1			7
Temporalnaht				3	1	1		1	6
Stirn vorne	3		1		5		3	1	13
Stirn seitlich				1	1		1		3
Stirn Mitte	1			1		1	2	4	9
<b>Gesamt</b>	11	1	20	57	61	15	12	7	184

Tabelle 1: Anzahl der Frakturausläufer an den einzelnen Orten der Schädeldecke. Orte an denen weniger als fünf Frakturausläufer vorkamen wurden ausgelassen.

Frakturzentrum Ort	Richtung der Frakturausläufer- anteilig							
	oben	schräg oben vorne	vorne	schräg vorn unten	unten	schräg hinten unten	hinten	schräg oben hinten
hinten Mitte				7,7%	92,3%			
hinten oben				34,8%	26,1%	34,8%	4,3%	
Lambdanaht	20,0%		13,3%	46,7%	20,0%			
Seite oben hinten			30,8%	46,2%	7,7%	7,7%	7,7%	
Seite Mitte vorne		9,1%			63,6%		18,2%	9,1%
Seite Mitte Mitte			7,7%	53,8%	30,8%	7,7%		
Seite Mitte hinten			35,7%	42,9%	10,7%	7,1%	3,6%	
Seite unten hinten			14,3%	57,1%	14,3%	14,3%		
Temporalnaht				50,0%	16,7%	16,7%		16,7%
Stirn vorne	23,1%		7,7%		38,5%		23,1%	7,7%
Stirn seitlich				33,3%	33,3%		33,3%	
Stirn Mitte	11,1%			11,1%		11,1%	22,2%	44,4%
<b>Gesamt</b>	6,0%	0,5%	10,9%	31,0%	33,2%	8,2%	6,5%	3,8%

Tabelle 2: Die anteiligen Richtungen der Frakturausläufer an den einzelnen Orten der Schädeldecke. Orte an denen weniger als fünf Frakturausläufer vorkamen wurden ausgelassen.

### 6.2.2.1 Richtung der Berstungsfrakturen in der Occipitalregion

Das Diagramm 2 verdeutlicht graphisch die Zeilen 1 (unten) und 2 (oben) der Tabelle 2. 92,3% der Berstungsfrakturen, die vom occipitalen Bereich des Schädels ausgehen, verliefen nach „unten“, der Rest verlief nach „schräg vorne unten“. Weitere Richtungen konnten ausgehend vom Occipitalbereich nicht beobachtet werden.

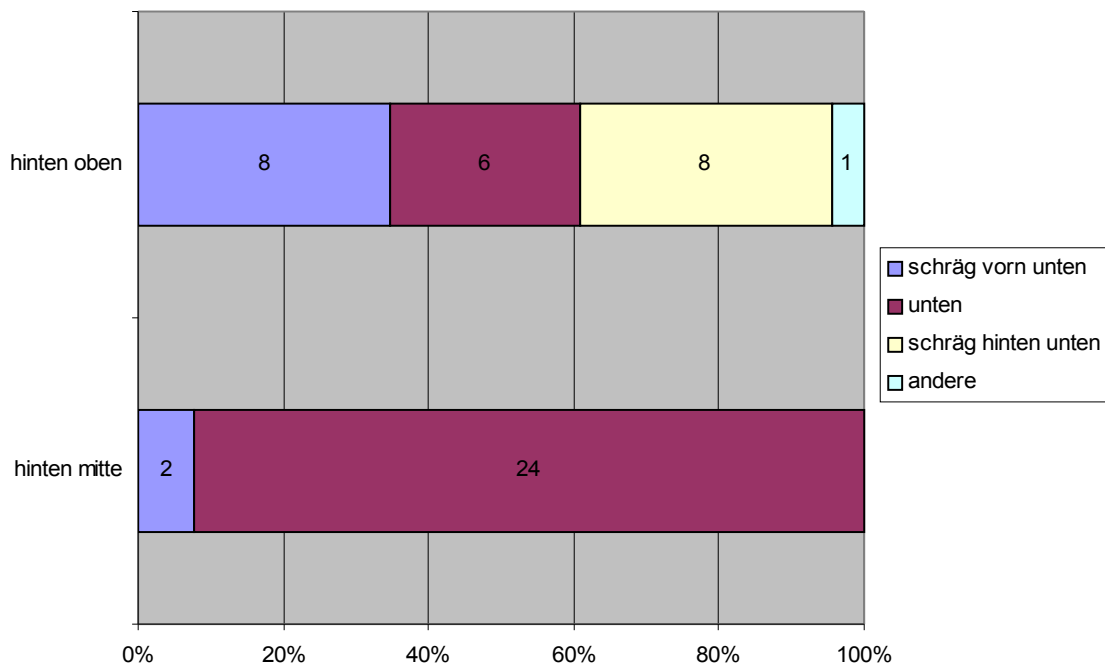


Diagramm 2: Hauptrichtungen am zentralen und oberen Hinter Schädel: seltene Richtungen wurden unter „andere“ zusammengefasst. Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl der Fälle an.

### 6.2.2.2 Richtung der Berstungsfrakturen im Bereich oberhalb der Occipitalregion

Die Frakturrichtungen aus dem Teil des Hinter Schädel oberhalb der Occipitalregion sind im oberen Balken des Diagramms 2 dargestellt. Es zeigten sich drei nahezu gleich häufige Frakturrichtungen:

- „unten“,
- „schräg vorne unten“ und
- „schräg hinten unten“ auf die gegenüberliegende Schädelseite

Die Richtung der Frakturausläufer stand im Zusammenhang mit der mittleren Knochendicke des Schädels. Die durchschnittliche Knochendicke derjenigen Frakturausläufer, die auf die gegenüberliegende Schädelseite verliefen, betrug 4,7 mm. Die mittlere Schädeldicke der Frakturausläufer, die auf der gleichen Schädelseite verliefen, betrug 6,1 mm. Dazu kam ein Fall, in dem die Fraktur die Pfeilnaht gesprengt hat. Dieser Zusammenhang war mit t-Test darstellbar und mit  $p=0,01$  signifikant.

Die mittlere Schädeldicke der Frakturen ist im Boxplot der Abbildung 16 gezeigt.

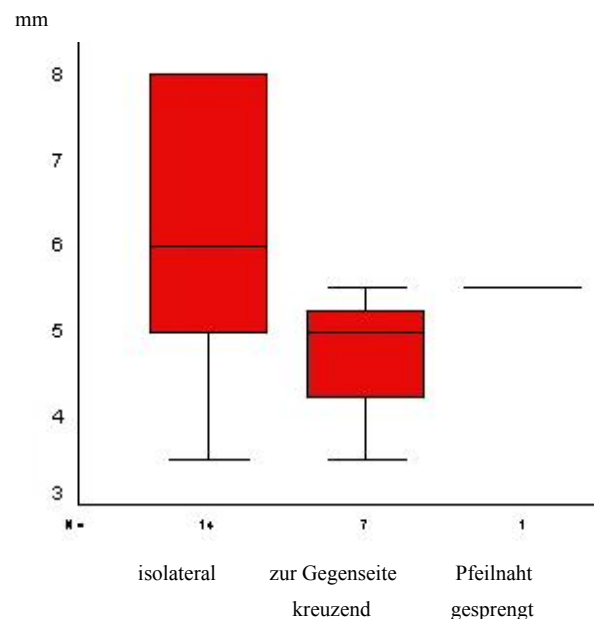


Abbildung 16: Boxplot der mittleren Schädeldicke bei Berstungsfrakturen, die über die Pfeilnaht hinweg zogen (Mitte) und derjenigen, die auf der gleichen Schädelseite verliefen (links). Rechts ein Fall, in dem die Pfeilnaht gesprengt wurde.

### 6.2.2.3 Richtung der Berstungsfrakturen im Bereich der Lambdanaht

Von den 15 Berstungsfrakturen, die auf der Lambdanaht begannen, verliefen 46,7% nach „schräg vorne unten“. Das entspricht dem Verlauf der Lambdanaht selbst und kann so gedeutet werden, dass in diesen Fällen die Lambdanaht gesprengt wurde.

### 6.2.2.4 Richtung und weiterer Verlauf der Berstungsfrakturen an der Schädelseite

Insgesamt befanden sich am seitlichen Schädel 80 Frakturlinien, über der ebenfalls seitlich gelegenen Temporalnaht weitere sechs.



Von diesen 86 Berstungsfrakturen ging der größere Teil von den mittleren, oberen und hinteren Bereichen der Schädelseite aus.

Im Diagramm „3“ sind die Hauptfrakturrichtungen an der Schädelseite, „vorne“, „schräg vorne unten“ und „unten“ anteilig dargestellt.

- Im vorderen Teil der Schädelseite verliefen die Frakturen überwiegend nach „unten“,
- im mittleren Teil der Schädelseite verliefen die Frakturen überwiegend nach „schräg vorne unten“,
- im hinteren Teil der Schädelseite verlief ein großer Anteil der Frakturen nach „vorne“.

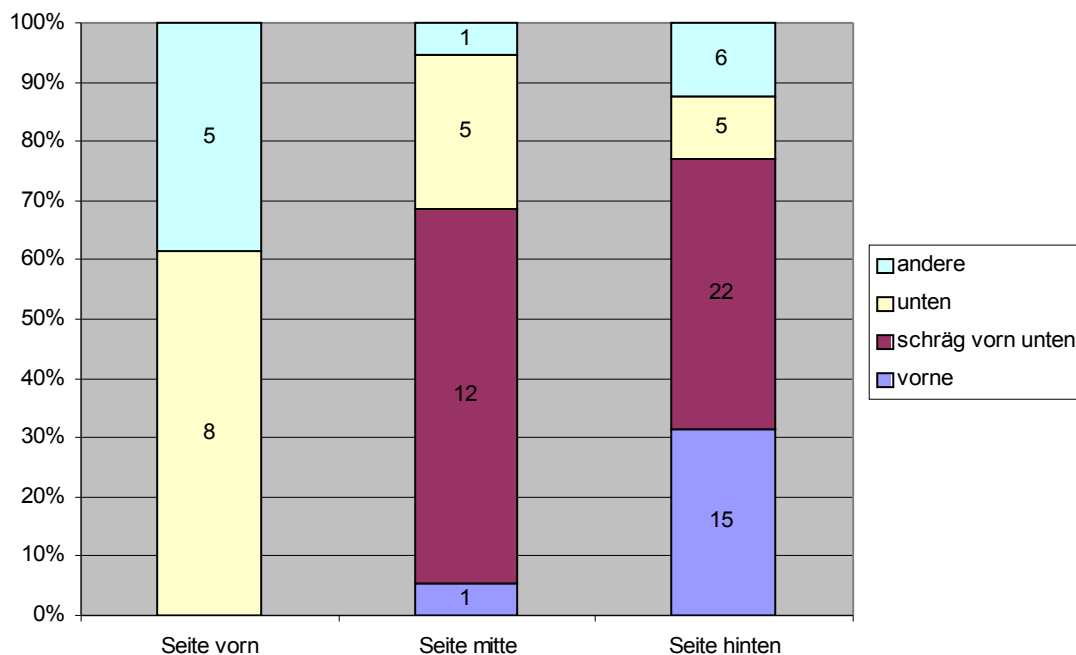


Diagramm 3: Die Hauptfrakturrichtungen im vorderen, mittleren und hinteren Teil der Schädelseite. Die Berstungsfrakturen verliefen von vorn nach hinten in einem zunehmend flacheren Winkel. Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl der Fälle an.

Dabei waren die Frakturlinien hauptsächlich gerade oder nach unten gebogen. Im hinteren und mittleren Bereich der Schädelseite sind etwa die Hälfte der Frakturlinien gerade und etwa ein viertel nach unten gebogen. Im vorderen Bereich der Schädelseite sind die Frakturausläufer überwiegend gerade.

Frakturzentrum/ Ort	weiterer Verlauf der Frakturausläufer		Gesamt
	gerade	nach unten gebogen	
Seite hinten	25/ 52,1%	13/ 27,1%	48/ 100%
Seite Mitte	11/ 57,9%	5/ 26,3%	19/ 100%
Seite vorne	11/ 91,7%	0/ 0%	12/ 100%

Tabelle 3: Die Häufigkeit und der Anteil des weiteren Verlaufes von Berstungsfrakturen an der Schädelseite. Im vorderen Teil der Schädelseite ist der Anteil an geraden Frakturausläufern besonders hoch.

### 6.2.2.5 Richtung der Berstungsfrakturen an der Stirn

Verteilt über die vordere, zentrale und seitliche Stirn befanden sich Frakturzentren mit zusammen 25 Berstungsfrakturen.

Diese Berstungsfrakturen verliefen gleichmäßig verteilt in diverse Richtungen. Ein Schema des Richtungsverlaufs oder eine Abhängigkeit von der Lage des Frakturzentrums ist aus Tabelle 1 nicht zu ersehen.

### 6.2.3 Zusammenhang einer Schädelfraktur mit der Kopfhautverletzung

Bei 132 der 149 Fälle ist eine Kopfhautverletzung beschrieben worden. Etwa die Hälfte der angegebenen Verletzungen waren Wunden, bei 6,4 Prozent der Fälle wurde keine Kopfhautverletzung gesehen.

In Diagramm 4 sind die Frakturtypen anteilig über den jeweiligen Kopfhautverletzungen aufgeführt. Es zeigt, dass ohne eine Kopfhautverletzung schwere Frakturtypen wie Globus- oder Lochbrüche (Frakturtypen 4 und 5) nicht aufgetreten sind.

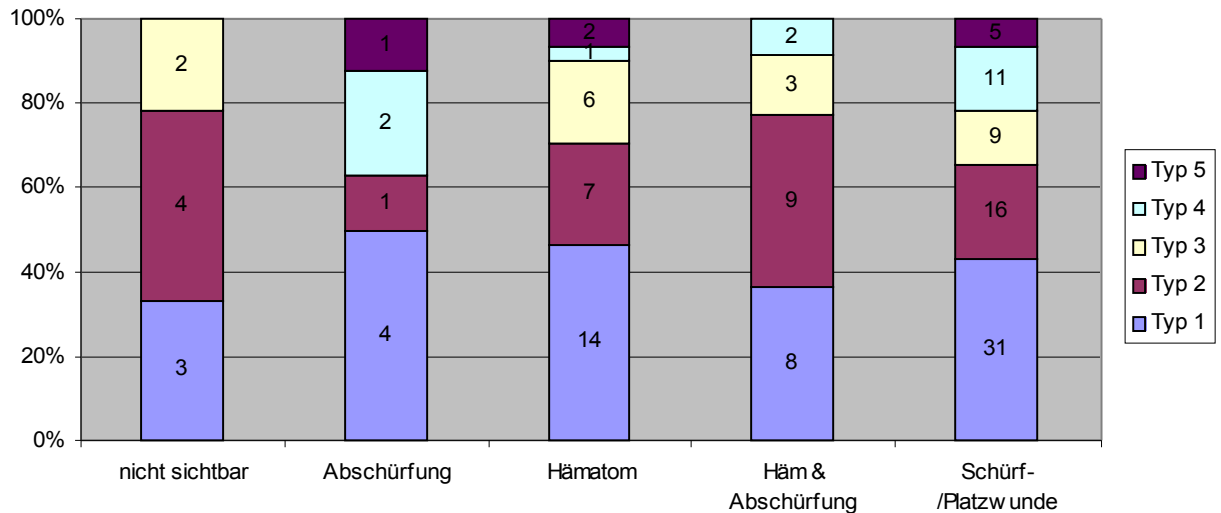


Diagramm 4: Die Frakturtypen unter einer Kopfhautverletzung: Ohne Kopfhautverletzung sind keine Globus- oder Lochbrüche aufgetreten. Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl der Fälle an.

#### 6.2.4 Art des Frakturzentrums in Abhängigkeit von der Schädelicke

Im Diagramm 5 wurde die mittlere Schädelicke zu Gruppen von zwei Millimetern zusammengefasst. Darüber wurden die Typen einer Schädelfraktur anteilig aufgetragen.

Bei Schädeln mit einer mittleren Schädelicke von mindestens acht Millimetern traten keine konzentrischen Biegungsfrakturen (Typ 4) und keine Lochbrüche (Typ 5) auf.

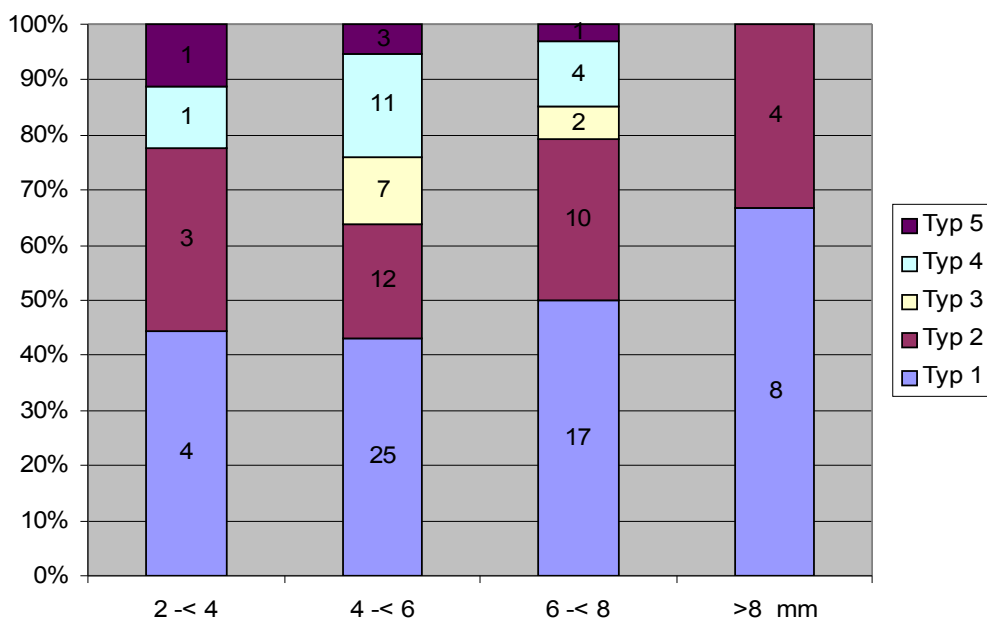


Diagramm 5: Frakturtypen 1 bis 5 in Abhängigkeit von der mittleren Knochendicke: Dicke Schädel wiesen keine konzentrischen Biegungsfrakturen und keine Lochbrüche auf. Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl der Fälle an.

### 6.2.5 Verteilung der Frakturzentren auf der Schädeloberfläche

In der Tabelle 4 ist die Anzahl der Frakturtypen in den einzelnen Bereichen der Schädelkalotte aufgeführt. Dagegen gestellt ist die erwartete Anzahl der Frakturtypen wenn diese gleichmäßig auf die Orte der Schädeldecke verteilt wären.

Zur besseren Übersicht sind lediglich Regionen betrachtet, die mindestens fünf Frakturen aufwiesen.

- Am Hinter Schädel traten Frakturen ohne Biegungs- oder Berstungsfrakturen (Typ 1) häufiger als erwartet auf.
- An der unteren Schädelseite und an der Stirn war der Anteil an Globusbrüchen (Typ 4) hoch.
- An der hinteren oberen Schädelseite fällt eine Häufung von Lochbrüchen (Typ 5) auf.

Im Diagramm 6 sind die aufgefallenen Bereiche graphisch dargestellt. Das Diagramm zeigt den Anteil der Frakturtypen an den Orten der Schädelkalotte.

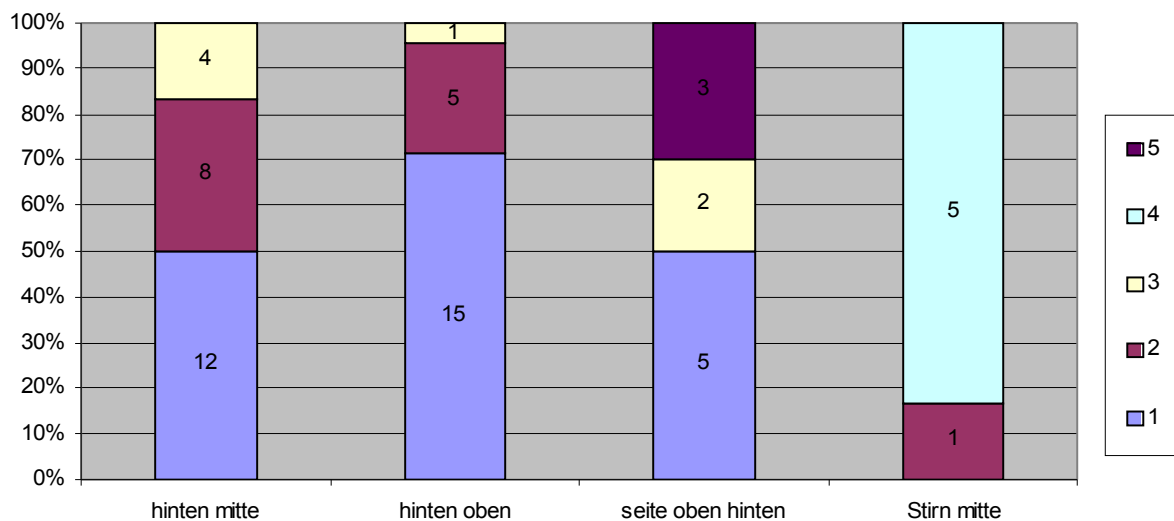


Diagramm 6: Der Anteil der Frakturtypen an ausgewählten Orten der Schädelkalotte. Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl der Fälle an.

Frakturzentrum		Frakturtyp					Gesamt
		1	2	3	4	5	
hinten Mitte	Tatsächliche Anzahl	12	8	4	0	0	24
	Erwartete Anzahl	10,3	6,1	3,2	2,9	1,4	24,0
hinten oben	Tatsächliche Anzahl	15	5	1	0	0	21
	Erwartete Anzahl	9,0	5,4	2,8	2,5	1,3	21,0
Lambdanaht	Tatsächliche Anzahl	3	2	1	2	0	8
	Erwartete Anzahl	3,4	2,0	1,1	1,0	0,5	8,0
Seite oben hinten	Tatsächliche Anzahl	5	0	2	0	3	10
	Erwartete Anzahl	4,3	2,6	1,3	1,2	0,6	10,0
Seite Mitte vorne	Tatsächliche Anzahl	3	1	2	1	0	7
	Erwartete Anzahl	3,0	1,8	0,9	0,8	0,4	7,0
Seite Mitte Mitte	Tatsächliche Anzahl	6	4	1	1	0	12
	Erwartete Anzahl	5,2	3,1	1,6	1,4	0,7	12,0
Seite Mitte hinten	Tatsächliche Anzahl	8	8	3	2	2	23
	Erwartete Anzahl	9,9	5,9	3,1	2,8	1,4	23,0
Seite unten hinten	Tatsächliche Anzahl	1	1	3	0	0	5
	Erwartete Anzahl	2,1	1,3	0,7	0,6	,3	5,0
Stirn vorne	Tatsächliche Anzahl	3	3	0	3	2	11
	Erwartete Anzahl	4,7	2,8	1,5	1,3	0,7	11,0
Stirn Mitte	Tatsächliche Anzahl	0	1	0	5	0	6
	Erwartete Anzahl	2,6	1,5	0,8	0,7	0,4	6,0
<b>Gesamt</b>	Tatsächliche Anzahl	64	38	20	18	9	149
	Erwartete Anzahl	64,0	38,0	20,0	18,0	9,0	149,0

Tabelle 4: Die Anzahl der Frakturen der einzelnen Frakturtypen an den Orten des Schädeldaches im Vergleich mit der erwarteten Anzahl der Frakturen dieser Typen bei einer Gleichverteilung. Grau unterlegt sind unerwartete Häufungen eines Frakturtyps an einem Ort.

## 6.2.6 Vergleich der Frakturzentren mit der Art des Sturzes

Das Diagramm 7 zeigt die Verteilung der Frakturtypen bei verschiedenen Gewaltformen. Aufgeteilt ist es in Stürze mit verschiedenen hoher Energiefreisetzung (oben) und Verkehrsunfälle als energetisch gemischte Gruppen (unten).

- Bei Stürzen aus der Höhe traten vor allem Globusbrüche (Typ 4) auf. Diese kamen bei Stürzen aus dem Stand nicht vor.
- Die Typen der Frakturzentren waren bei den drei unterschiedenen Formen der Verkehrsunfälle sehr ähnlich verteilt.

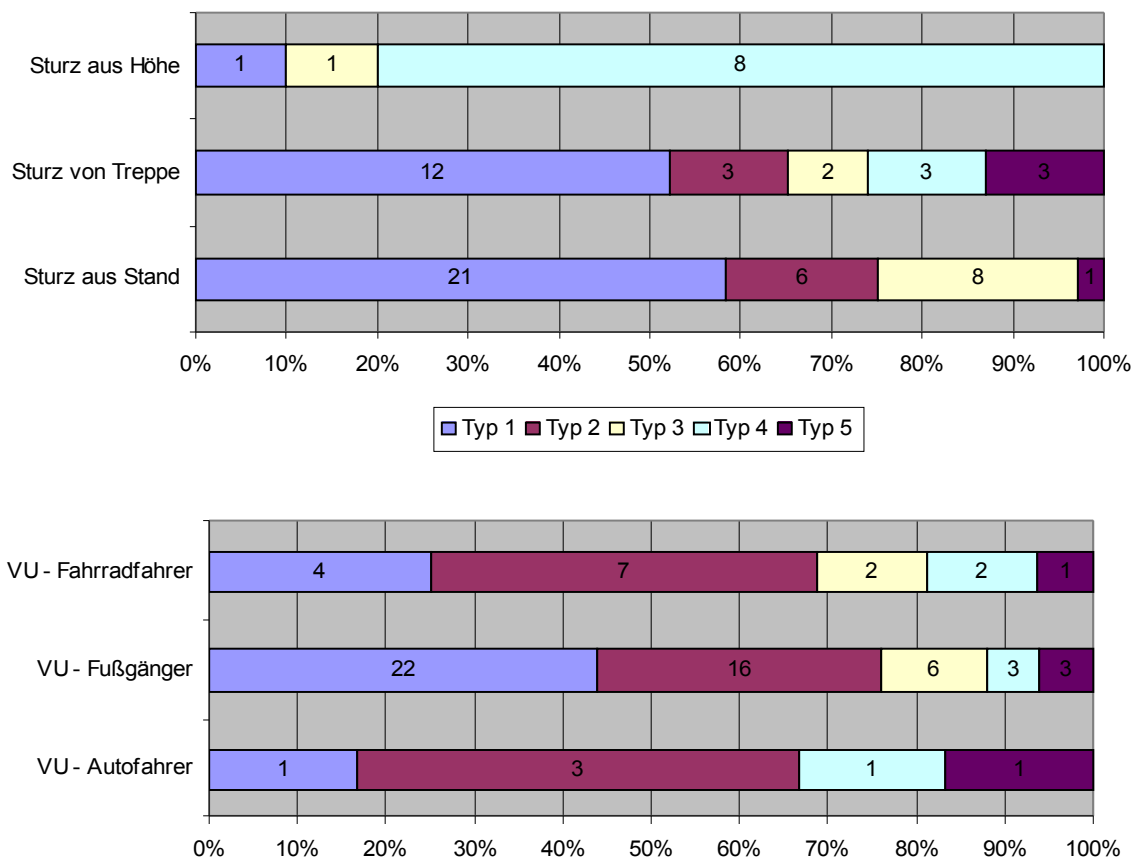


Diagramm 7: Die Frakturtypen in Abhängigkeit von der Gewaltform: Bei Höhenstürzen fiel der besonders hohe Anteil an Globusbrüchen auf- diese kamen bei Stürzen aus dem Stand nicht vor. Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl der Fälle an.