

Aus der  
Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie  
der Medizinischen Fakultät der  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Direktor: Prof. Dr. med. Raimund Firsching

**Häufigkeit der sekundären Instabilität  
nach ventraler Versorgung  
der Densfrakturen mittels Doppelgewindeschrauben**

**D i s s e r t a t i o n**

zur Erlangung  
des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Ahmed Elnewihi  
aus Shobrakhit, Ägypten  
Magdeburg 2020

## **Bibliografische Beschreibung**

Ahmed Elnewihi: Häufigkeit der sekundären Instabilität nach der ventralen Versorgung der Densfrakturen mittels Doppelgewindeschrauben. -2020. - 67 Bl., 30 Abbildung, 10 Tab., 4 Anl.

## Kurzreferat

Densfrakturen treten häufig bei älteren Menschen auf. Mit zunehmendem Alter und aufgrund der medizinischen Entwicklung steigt die Zahl der Densfrakturen.

In der Literatur bleibt die Standardversorgung der Densfrakturen umstritten. Für die Häufigkeit der sekundären Instabilität nach ventraler Versorgung der Densfrakturen mittels einer oder zweier Doppelgewindeschrauben besteht nur wenig Evidenz. Im Zeitraum von 2002 bis 2016 wurden 198 Patienten (n = 198) mit Densfrakturen in der neurochirurgischen Klinik des Universitätsklinikums Magdeburg behandelt. Dabei wurden 151 Patienten (n = 151) von ventral versorgt. In dieser retrospektiven Studie werden die Langzeitergebnisse hinsichtlich der Stabilitäts-/Instabilitätsrate nach der ventralen Versorgung der Densfrakturen dargestellt.

Schlüsselwörter:

Densfraktur, Instabilität, ventral, Pseudoarthrose, Doppelgewindeschrauben.

# Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>10</b>
1.1 Fragestellung.....	10
1.2 Anatomie der Halswirbelsäule .....	11
1.3 Anatomie des kraniozervikalen Überganges.....	12
1.4 Ätiologie der Densfrakturen .....	15
1.5 Klinische Manifestationen der Densfrakturen.....	15
1.6 Einteilung der Densfrakturen .....	15
1.7 Bildgebende Diagnostik .....	17
1.8 Behandlung der Densfrakturen.....	18
1.8.1 Konservative Behandlung .....	19
1.8.2 Operative Behandlung .....	20
<b>2 Material und Methoden.....</b>	<b>25</b>
2.1 Patientenkollektiv.....	25
2.2 Radiologische Untersuchung.....	27
2.3 Operationstechnik.....	27
<b>3 Ergebnisse.....</b>	<b>29</b>
3.1 Anamnestische Parameter im Gesamtkollektiv.....	29
3.1.1 Alter, Geschlecht und Zeitabstände .....	29
3.1.2 Unfallursache und Frakturtypen .....	30
3.1.3 Aufnahmestatus .....	31
3.1.4 Beschwerden bei der Aufnahme .....	32
3.1.5 Neue neurologische Ausfälle bei der Aufnahme.....	33
3.1.6 Komplikationen .....	34
3.1.7 Aufenthaltsdauer .....	34
3.1.8 Entlassungsrichtung.....	35
3.2 Analyse von Zusammenhängen .....	35
3.2.1 Einfluss des Geschlechts .....	35
3.2.2 Stabilität .....	39
3.2.3 Frakturtyp: stetig/diskret.....	41
3.3 Multivariable Analyse.....	44

---

<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>46</b>
4.1	Allgemeines.....	46
4.2	Patientenkollektiv.....	47
4.3	Unfallursache .....	48
4.4	Frakturtyp .....	49
4.5	Beschwerden bei der Aufnahme.....	49
4.6	Neurologische Ausfälle bei der Aufnahme .....	49
4.7	Anzahl der Implantate im Rahmen der operativen Therapie .....	50
4.8	Begleiterkrankungen.....	51
4.9	Entlassungsrichtung .....	51
4.10	Wirbelsäulenstabilität und Fusionsrate .....	51
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>Ehrenerklärung.....</b>	<b>60</b>
<b>9</b>	<b>Erklärung zur strafrechtlichen Verurteilung .....</b>	<b>61</b>
<b>10</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>61</b>

## Abbildungsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Abbildung 1:</b> Laterale, dorsale Übersicht der Halswirbelsäule .....	11
<b>Abbildung 2:</b> Kraniale Übersicht einer typischen Halswirbelsäule .....	12
<b>Abbildung 3:</b> Atlas, kraniale Übersicht.....	13
<b>Abbildung 4:</b> Atlas, kaudale Übersicht.....	13
<b>Abbildung 5:</b> Dens, ventrale Übersicht .....	14
<b>Abbildung 6:</b> Dens, dorsale Übersicht .....	14
<b>Abbildung 7:</b> Kraniozervikaler Übergang .....	15
<b>Abbildung 8:</b> Einteilung der Densfrakturen nach Anderson und D´Alonzo .....	16
<b>Abbildung 9:</b> Klassifikation nach Eysel und Roosen, a) Typ II A, b) Typ II B, c) Typ II C .	17
<b>Abbildung 10:</b> Vorschlag zur Behandlung der Densfrakturen .....	18
<b>Abbildung 11:</b> Philadelphia-Halsorthese.....	19
<b>Abbildung 12:</b> PMT-Halo-Fixateur-Orthese .....	20
<b>Abbildung 13:</b> Schematische Darstellung der ventralen Doppelgewindeschrauben.....	21
<b>Abbildung 14:</b> Schraubeneintrittspunkte nach Magerl und Seemann (1987). .....	22
<b>Abbildung 15:</b> Schraubeneintrittspunkte, dorsale C1/C2-Versteifung .....	23
<b>Abbildung 16:</b> Laterales Röntgen der HWS zeigt die dorsale C1/C2 Versteifung .....	23
<b>Abbildung 17:</b> Axiales CT der C2-Lamina mit gekreuzten C2-Schrauben.....	24
<b>Abbildung 18:</b> Primäre Behandlung der Densfrakturen 2002 bis 2016, Klinik für Neurochirurgie, Uniklinik Magdeburg .....	26
<b>Abbildung 19:</b> Boxplot der Altersverteilung bei initialer Versorgung.....	26
<b>Abbildung 20:</b> Häufigkeitsverteilung des Geschlechts. ....	29
<b>Abbildung 21:</b> Alter der Patienten bei der Operation. ....	30
<b>Abbildung 22:</b> Verteilung der Unfallursachen. ....	30
<b>Abbildung 23:</b> Patientenzahl nach weiterer Einteilung in Anlehnung an Eysel und Roosen.....	31
<b>Abbildung 24:</b> Aufnahmestatus der Patienten. ....	32
<b>Abbildung 25:</b> Beschwerden der Patienten bei der Aufnahme.....	32

---

<b>Abbildung 26:</b> Neurologische Untersuchung bei der Aufnahme.....	33
<b>Abbildung 27:</b> Einteilung der neuen neurologischen Ausfälle bei der Aufnahme. ....	33
<b>Abbildung 28:</b> Boxplot-Darstellung der Altersverteilung im Geschlechtervergleich. ....	36
<b>Abbildung 29:</b> Kaplan-Meyer-Darstellung der Zeitabstände zwischen Aufnahme und Operation im Geschlechtervergleich.....	36
<b>Abbildung 30:</b> Vergleich des Frakturtyps nach Geschlecht.....	41

## Tabellenverzeichnis

	<u>Seite</u>
<b>Tabelle 1:</b> Alter und Zeitabstände im Patientenkollektiv.....	29
<b>Tabelle 2:</b> Verlauf der neurologischen Ausfälle prä- und postoperativ. ....	34
<b>Tabelle 3:</b> Aufenthaltsdauer der untersuchten Patienten. ....	35
<b>Tabelle 4:</b> Geschlechtervergleich für Alter und Zeitabstände mittels Welch-Tests. ....	35
<b>Tabelle 5:</b> Vergleich der qualitativen Merkmale hinsichtlich des Geschlechts mittels des exakten Tests von Fisher. ....	37
<b>Tabelle 6:</b> Vergleich der Stabilität für Alter und Zeitabstände mittels Welch-Tests.....	39
<b>Tabelle 7:</b> Vergleich der qualitativen Merkmale hinsichtlich der Stabilität mittels des exakten Tests von Fisher. ....	39
<b>Tabelle 8:</b> Vergleich des Frakturtyps für Alter und Zeitabstände mittels ANOVA- Tests...	42
<b>Tabelle 9:</b> Vergleich der qualitativen Merkmale hinsichtlich des Frakturtyps mit dem exaktem Test von Fisher.....	43
<b>Tabelle 10:</b> Logistische Regressionsanalyse der signifikanten Merkmale mit der Stabilität.....	45

## Abkürzungsverzeichnis

Abbildung	Abbildung
Anl.	Anlagen
bzw.	beziehungsweise
bds.	beidseits
Bl.	Blatt
ca.	circa
C	Cervical
C1	1. Halswirbelsäule (Atlas)
C2	2. Halswirbelsäule (Axis)
CT	Computertomographie
CCT	Kranielle CT
et al.	et alii (und anderer)
ggf.	gegebenenfalls
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
KZÜ	Kraniozervikaler Übergang
Lig.	Ligamentum
MRT	Magnetresonanctomographie
OP	Operation
SAB	Subarachnoidale Blutung
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

# 1 Einführung

## 1.1 Fragestellung

Densfrakturen machen etwa 20 % der Halswirbelsäule-Verletzungen aus (Joaquim et al. 2015) und treten besonders häufig bei alten Menschen auf (Josten et al. 2016, Arand et al. 2001). Hier reicht ein einfacher Sturz, um diese zu verursachen. Im jüngeren Alter entstehen Densfrakturen gehäuft infolge von Hochrasanztraumata (Meyer et al. 2018). Aufgrund der anatomischen Lokalisation des zweiten Halswirbelkörpers können Densfrakturen durch Dislokation der Densspitze oder Instabilität des atlantoaxialen Gelenkes schwere neurologische Ausfälle bis hin zu einer Querschnittssymptomatik verursachen.

Es gibt bisher keine Übereinstimmung hinsichtlich einer ausreichend zufriedenstellenden Behandlung der Densfrakturen. Die bekannte Therapie im Rahmen einer konservativen Behandlung umfasst die externe Fixierung mit einer festen Halsorthese bzw. einem Halo-Fixateur oder eine operative Behandlung von ventral nach Böhler (1982) bzw. von dorsal nach Gallie (Gallie und Turner 1939).

Die ventrale Versorgung der Densfrakturen verspricht im Gegensatz zur dorsalen Versorgung eine bessere Mobilität im C1/C2-Gelenk und somit die Wiederherstellung der anatomischen Funktion. Viele Autoren (Aebi und Etter 1991, Aebi et al. 1989, Bórm et al. 2003, Etter et al. 1991, Fountas et al. 2005, Henry et al. 1999, Harrop et al. 2000, Hénaux et al. 2012, Jenkins et al. 1998, Geisler et al. 1989, Morandi et al. 1999, Keskin et al. 2014, Song et al. 2007, Meyer et al. 2018) favorisieren die ventrale Verschraubung nach Böhler (1982) zur Behandlung von Typ-II- und manchen Typ-III-Frakturen gemäß Anderson. Im Gegensatz dazu berichten einige Autoren (Andersson et al. 2000) über erhöhte Komplikations- und Pseudoarthrosraten nach ventraler Versorgung der Densfrakturen und empfehlen die dorsale Stabilisierung.

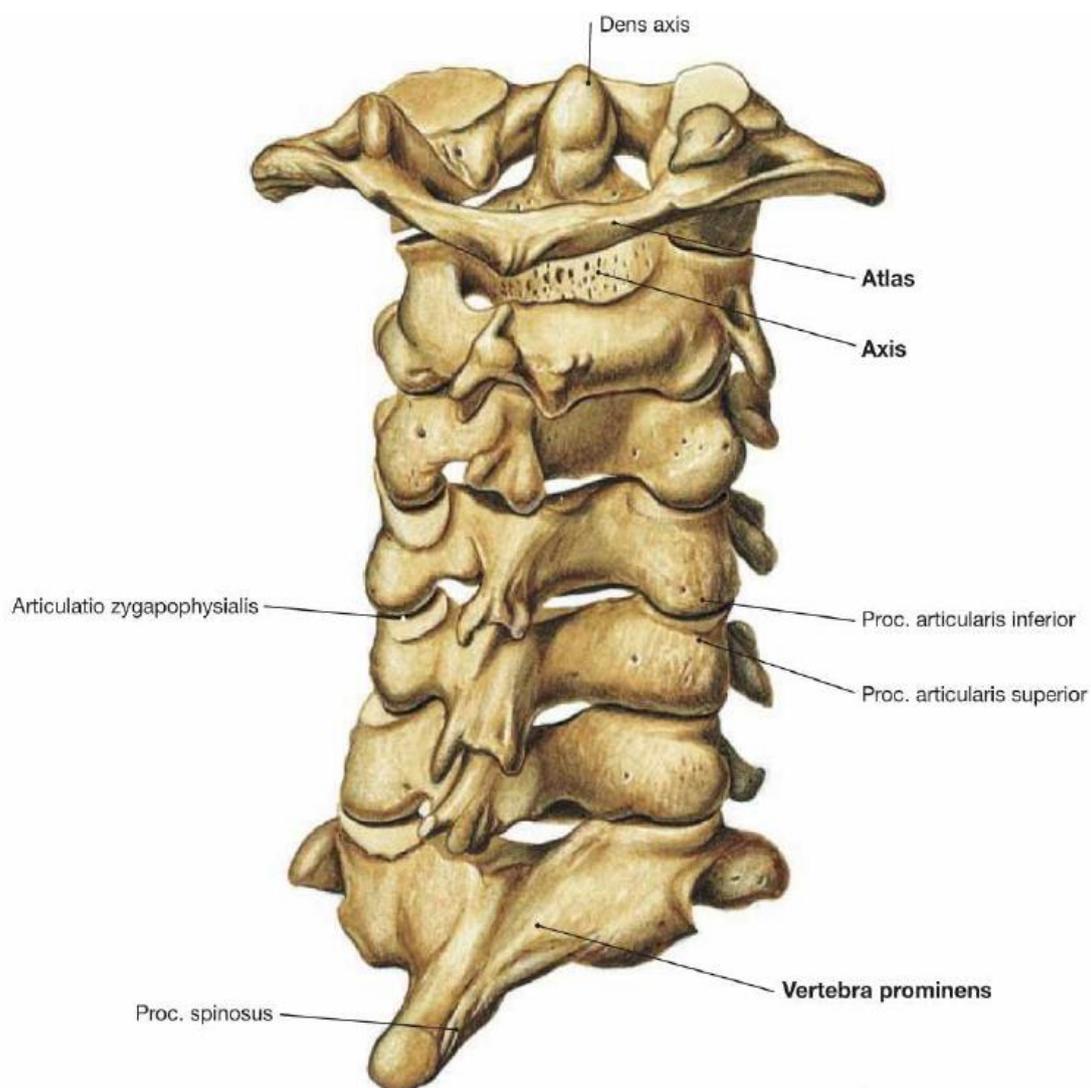
Viele Studien (Sawarkar et al. 2015, Shen et al. 2015, Joestl et al. 2016, Falavigna et al. 2017, Montesano et al. 1991, Yuan et al. 2018, Apfelbaum et al. 2000, Aebi et al. 1989)

stellten die Langzeitverläufe nach der ventralen Versorgung der Densfrakturen dar, hier zeigen sich unterschiedliche sekundäre Instabilitätsraten. In der vorliegenden Studie wird versucht, die ventrale Versorgung der Densfrakturen nach Böhler (1982) hinsichtlich der Stabilitätsrate zu evaluieren. Im Zeitraum von 2002 bis 2016 wurden in der neurochirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Magdeburg 198 Patienten mit Densfrakturen behandelt. In einer retrospektiven Studie wurden die Daten der Patienten nach der ventralen Versorgung gesammelt. Dazu wurde ein Kollektiv von 151 Patienten analysiert, um herauszufinden, wie häufig eine sekundäre Instabilität auftrat. Die Nachkontrolle wurde an 111 Patienten (73,5 %) durchgeführt, 40 Patienten (26,5 %) erschienen nicht zur postoperativen Kontrolle. Dabei wurden ret-

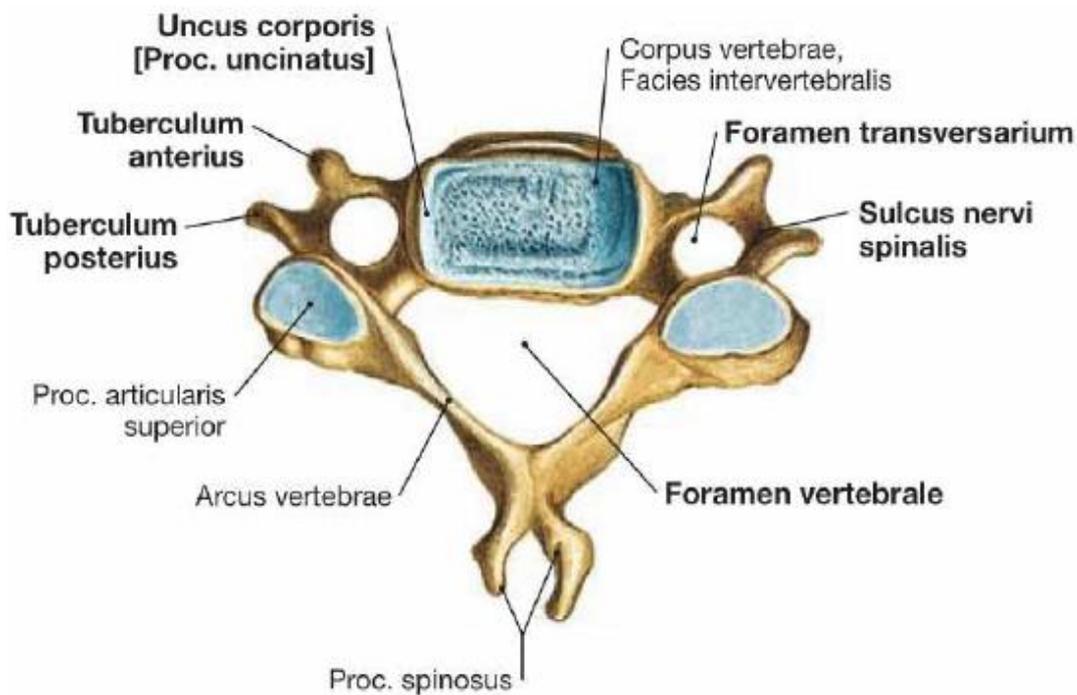
rospektiv die möglichen Risikofaktoren für die Entwicklung einer sekundären Instabilität ergänzt. Diese sollen im Zuge der Operationsentscheidung berücksichtigt werden, unter anderem Alter, Gender, Aufenthaltsdauer, Frakturtyp, neurologische Ausfälle, Beschwerden bei der stationären Aufnahme und bei der Entlassung sowie frühe postoperative Komplikationen und Komorbidität. In der ambulanten Untersuchung wurden zusätzlich Diagnostik, Beschwerden sowie neurologische Ausfälle berücksichtigt.

## 1.2 Anatomie der Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule besteht aus 7 Wirbeln. Sie sind besonders klein und weisen beidseitig einen Processus transversus auf. Darin befinden sich die Foramina transversaria, durch die die Arteria vertebralis verläuft. Der typische Halswirbelkörper sieht von oben viereckig aus. Die vordere Oberfläche ist konvex, die hintere konkav. Der etwas nach dorsal gerichtete Processus spinosus ist bifid. Der Spinalkanal hat eine dreieckige Form (Abbildung 1, 2).



**Abbildung 1:** Laterale, dorsale Übersicht der Halswirbelsäule (Paulsen und Waschke 2011).



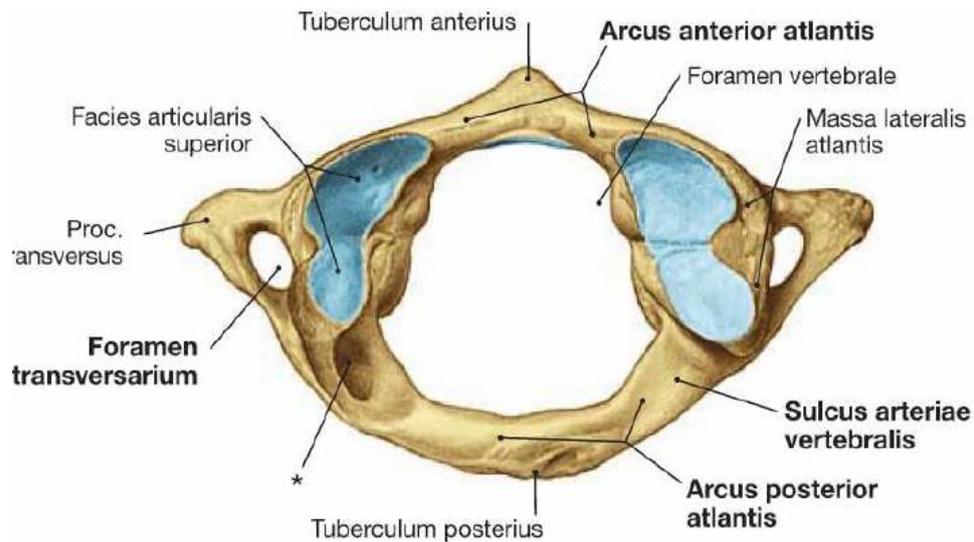
**Abbildung 2:** Kranielle Übersicht einer typischen Halswirbelsäule (Paulsen und Waschke 2011).

### 1.3 Anatomie des kraniozervikalen Überganges

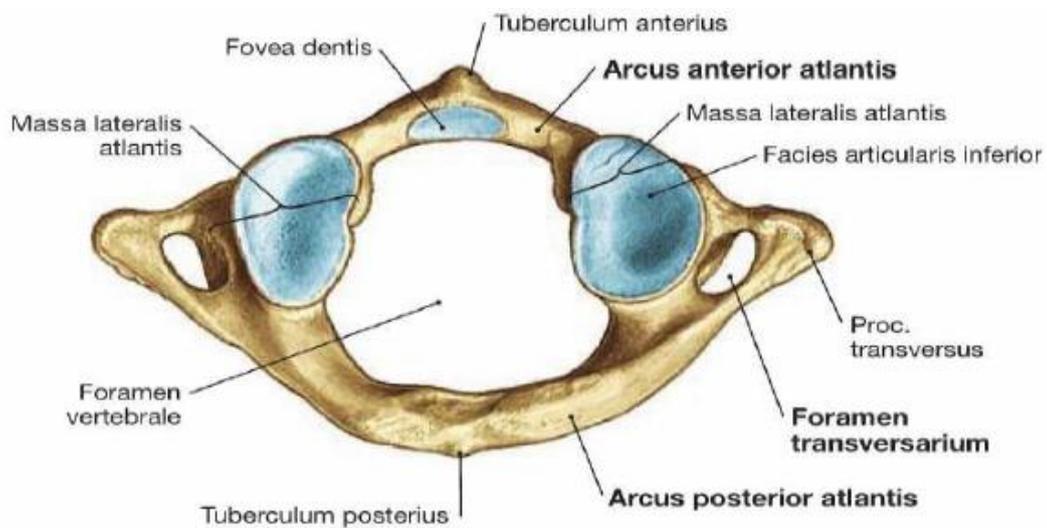
Der 1. und 2. Halswirbelkörper haben eine besondere anatomische Abweichung. Funktionell werden die Hinterhauptkondylen als C0 bezeichnet. Der erste HWK (Atlas) wird C1, der 2. HWK (Axis) C2 genannt. Die Strukturen C0, C1 und C2 bilden zusammen den kraniozervikalen Übergang und ermöglichen durch ein komplexes Zusammenspiel im Wesentlichen die Kopfbewegung.

Der Atlas unterscheidet sich von den übrigen Halswirbelkörpern durch den fehlenden Corpus vertebrae. Während der embryonalen Entwicklung fusioniert der Wirbelkörper des Atlas mit dem Wirbelkörper des Axis' und formt dadurch den Dens. Aus diesem Grund befindet sich kein Bandscheibenfach zwischen C1 und C2. Der Atlas ist ringartig und verfügt über zwei Massa lateralis, die durch einen kleineren Arcus anterior und einen größeren Arcus posterior verbunden werden. Kranial sind zwei bohnenförmige konkave Gelenkflächen vorzufinden, die Fovea articularis superiores atlantis. Kaudal liegen zwei ringförmig flache Gelenkflächen vor, die Fovea articularis inferiores atlantis. In der Innenseite des Arcus anterior zeigt sich eine Gelenkfläche, die sogenannte Fovea dentis. (Abbildung 3, 4).

Das Atlantookzipitalgelenk C0/C1 besteht aus dem Condylus occipitalis bds. und der Fovea articularis superiores atlantis bds. Die Membrana atlantooccipitalis anterior kaudal ist als vorderes Längsband auszumachen, die Membrana atlantooccipitalis posterior als Ligamentum flavum nach kaudal.

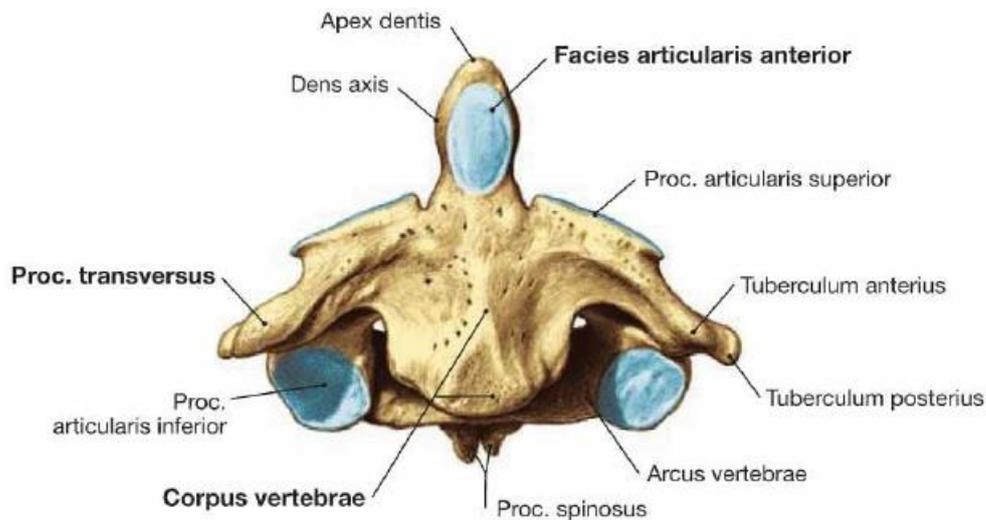


**Abbildung 3:** Atlas, kraniale Übersicht (Paulsen und Waschke 2011).

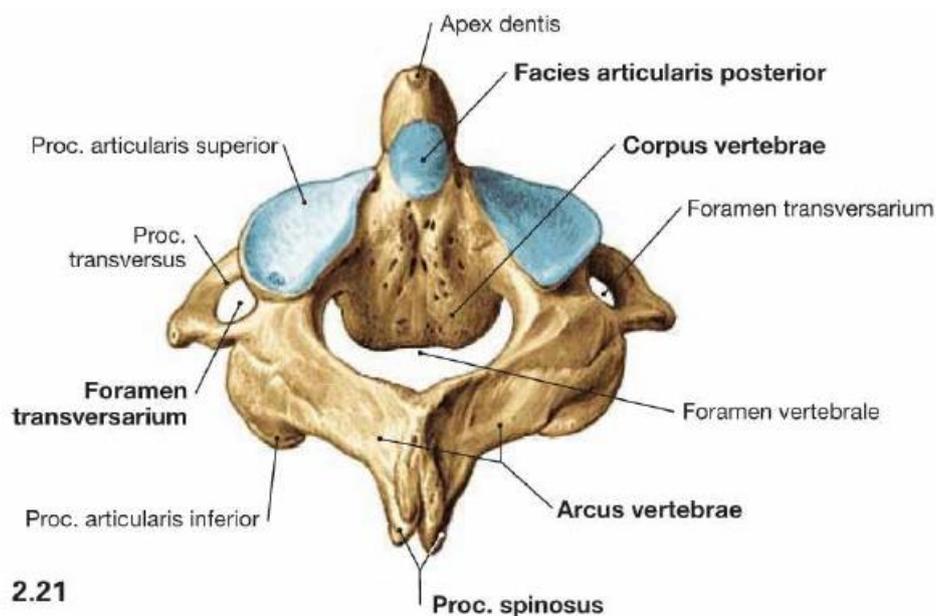


**Abbildung 4:** Atlas, kaudale Übersicht (Paulsen und Waschke 2011).

Der Axis zeigt einen besonderen zahnartigen Fortsatz, den Dens, welcher in den Atlas hineintragt. An seiner Vorderseite befindet sich eine Gelenkfläche, die Facies articularis anterior, die mit der Fovea dentis im Arcus anterior des Atlas artikuliert (Abbildung 5).

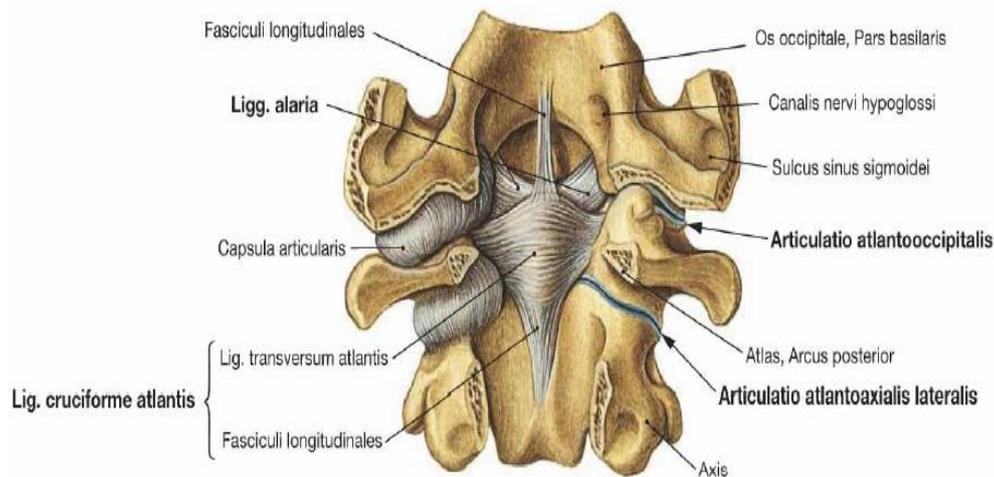


**Abbildung 5:** Dens, ventrale Übersicht (Paulsen und Waschke 2011)



**Abbildung 6:** Dens, dorsale Übersicht (Paulsen und Waschke 2011).

Die hintere Fläche, die *Facies articularis posterior*, artikuliert mit dem *Ligamentum transversum atlantis* (Abbildung 6). Dieses verbindet die zwei *Massa lateralis* des Atlas. Von diesem aus zieht die *Fasciculi longitudinales* nach kranial und kaudal. Zusammen mit dem *Ligamentum transversum atlantis* wird das *Ligamentum cruciforme atlantis* benannt. Dorsal davon befinden sich die *Ligamenta alaria*. Diese paarigen Ligamente entspringen der lateralen Densfläche und ziehen bis zum ipsilateralen *Condylus occipitalis* sowie zur *Massa lateralis atlantis* (Abbildung 7).



**Abbildung 7:** Kraniozervikaler Übergang (Paulsen und Waschke 2011).

## 1.4 Ätiologie der Densfrakturen

Densfrakturen machen etwa 20 % aller HWS-Frakturen aus und gelten als die häufigste Verletzung unter Patienten ab einem Alter von 65 Jahren (Matschke et al. 2016, Kandziora et al. 2015), häufig nach einfacheren Stürzen zu verzeichnen. Bei jungen Patienten sind es ursächlich Traumen, etwa im Rahmen eines Motorrad- oder Skiunfalles. Auch pathologische Frakturen bei Metastasen können zu Densfrakturen führen.

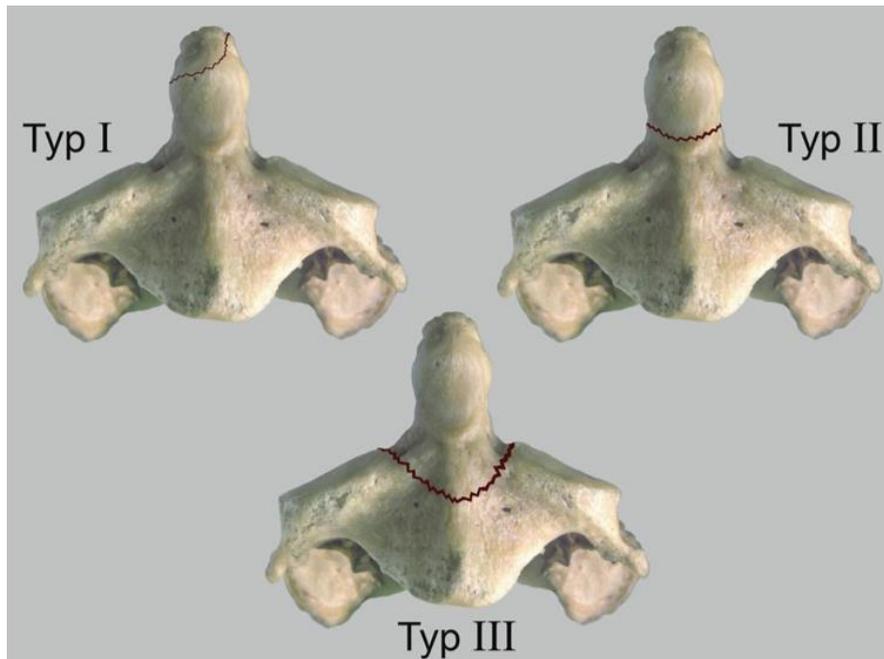
Das Flexionstrauma ist der häufigste Mechanismus der Densfrakturen mit konsekutivem ventralem Versatz des C1 auf C2 (atlantoaxiale Subluxation). Selten sind sie bedingt durch ein Extensionstrauma mit Dorsalversatz (Greenberg 2016).

## 1.5 Klinische Manifestationen der Densfrakturen

Die häufigsten Symptome der Densfrakturen sind lokale Nackenschmerzen verbunden mit Ausstrahlung in den Hinterkopf oder die Extremitäten. Selten treten neurologische Defizite mit Sensibilitätsstörungen und Paresen bis hin zu einer Querschnittslähmung bei Myelonläsion auf.

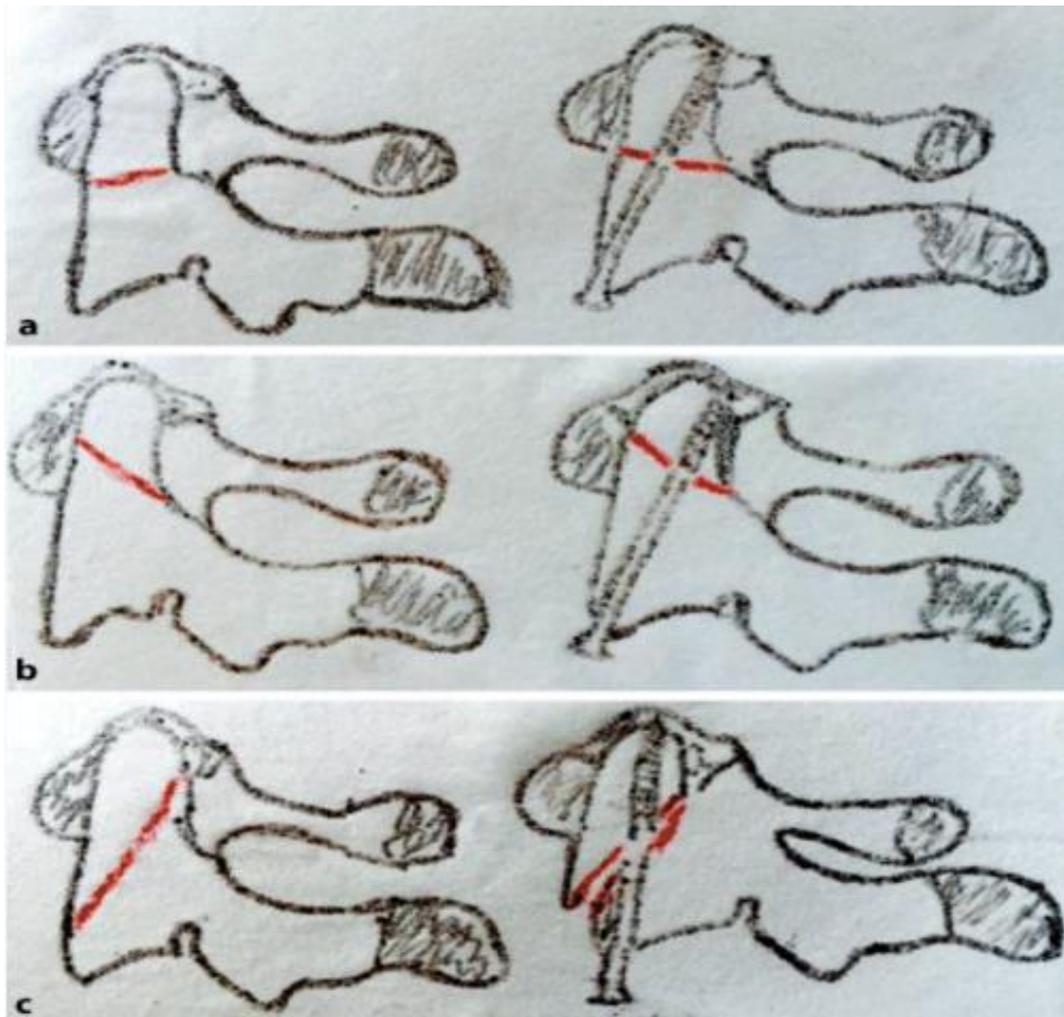
## 1.6 Einteilung der Densfrakturen

Eine verbreitete Einteilung der Densfrakturen geht zurück auf Anderson/D'Alonzo (Anderson et al. 1974). Hier wurden die Densfrakturen in drei Typen unterteilt. Im Falle von Typ I befindet sich die Fraktur in der Densspitze, bei Typ II zieht die Frakturlinie sich zwischen der Densbasis und dem Wirbelkörper HWK 2 hindurch. Typ III impliziert eine Frakturlinie im Wirbelkörper HWK 2 (Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Einteilung der Densfrakturen nach Anderson und D'Alonzo (Kandziora et al. 2010).

Der häufigste Frakturtyp ist Typ II, dieser tritt in 65 bis 74 % der Fälle auf (Josten et al. 2016). Eine weitere Einteilung des Typ II zur Planung der Behandlungsmöglichkeiten wurde nach Eysel und Roosen beschrieben (Eysel und Roosen 1993). Demnach liegt bei Typ A eine horizontale Frakturlinie vor, bei Typ B zieht die Frakturlinie von kranial ventral nach kaudal dorsal im schrägen Verlauf, während Typ C von kranial dorsal nach kaudal ventral verläuft (Abbildung 9).



**Abbildung 9:** Klassifikation nach Eysel und Roosen, a) Typ II A, b) Typ II B, c) Typ II C (Eysel und Roosen 1993).

## 1.7 Bildgebende Diagnostik

In der konventionellen nativen Röntgendiagnostik der Halswirbelsäule inklusive transoraler Dens-Zielaufnahme sind die Densfrakturen bereits zu erkennen. Um den Frakturverlauf zu nachvollziehen zu können, sollte ein CT ergänzt werden. Bei Typ III-Verletzungen müssen zusätzlich Röntgen-Funktionsaufnahmen angefertigt werden, um stabile von instabilen Frakturen unterscheiden zu können (Kandziora et al. 2010).

Eine Kernspintomografie stellt ergänzend die Weichteilverletzungen, insbesondere in der T2-Wichtung, dar, ebenso Tumore bei pathologischen Frakturen.

## 1.8 Behandlung der Densfrakturen

Im Allgemeinen wird die Behandlung nach der Anderson- und D'Alonzo-Einteilung entschieden:

Typ I: konservative Behandlung durch eine feste Halsorthese

Typ II: Aufgrund der erhöhten Pseudoarthrosenrate ist die operative Behandlung die Therapie der Wahl. Bei günstigem Frakturverlauf ist die ventrale Schraubenosteosynthese unter Erhalt der Beweglichkeit im Segment C1/C2 eine optimale Therapie. Bei ungünstiger Frakturlinie, z. B. beim Typ IIc nach Eysel und Roosen oder bei zusätzlicher Trümmerzone in der Densbasis, ist die dorsale Stabilisierung erforderlich. Im Kontext einer Ruptur des Ligamentum transversum ist die ventrale Verschraubung nicht zu empfehlen (Moskopp et al. 2015).

Typ III: Durch externe Immobilisation für 8 bis 14 Wochen kann eine 90%-ige Fusionsrate erzielt werden (Sonntag und Hadley 1988, Greenberg 2016). Mittels Halo-Fixateur liegt diese bei bis zu 100 % (Hadley et al. 1989). Bei Einsatz der festen Halsorthese beträgt die Fusionsrate 50 bis 70 % (Greenberg 2016). Röntgenkontrollen sollten in gewissen Abständen durchgeführt werden, um die Bildung einer Pseudoarthrose auszuschließen.

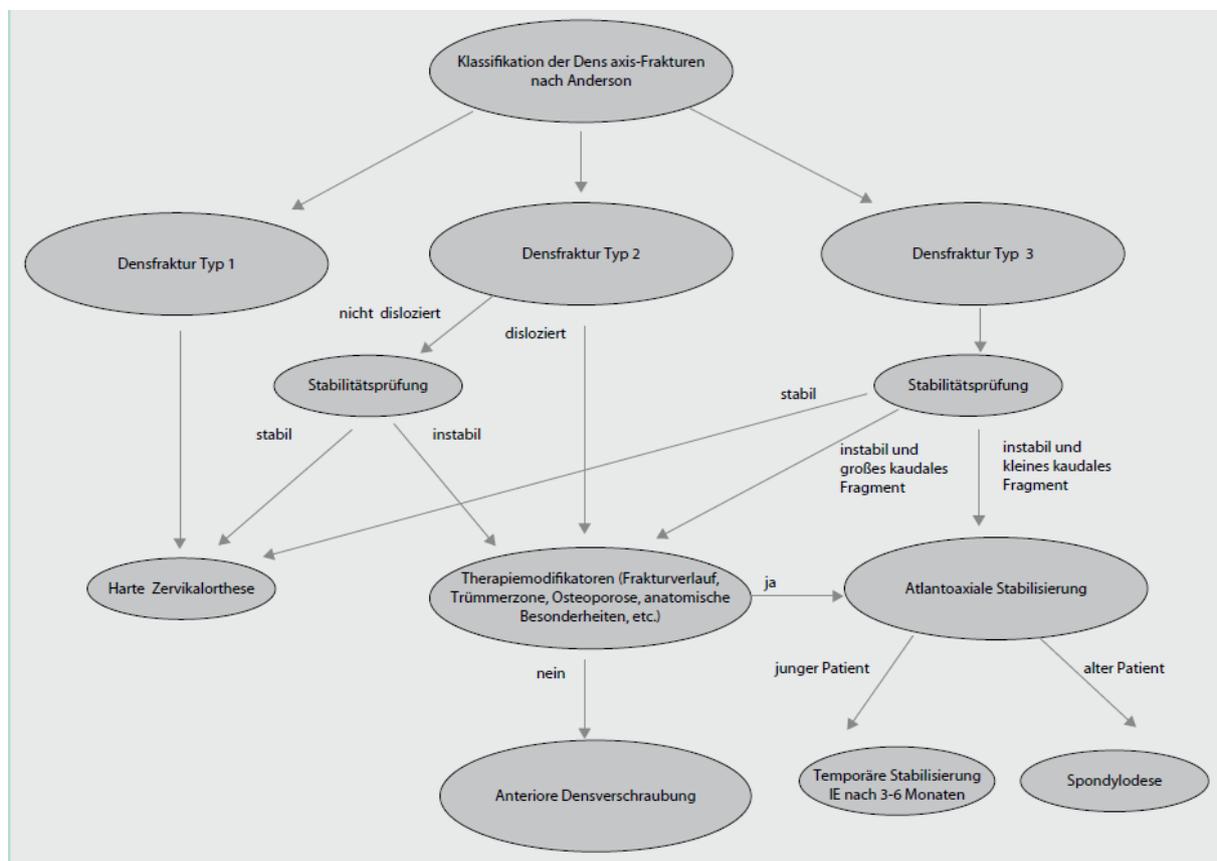


Abbildung 10: Vorschlag zur Behandlung der Densfrakturen (Kandziora et al. 2010).

### 1.8.1 Konservative Behandlung

#### **Stifneck:**

wird durch den Notarzt am Unfallort bei v. a. HWS-Verletzung oder/und bei Polytrauma-Patienten angelegt; bewirkt die HWS-Immobilisation und verringert das Risiko einer Myelon-Verletzung durch eine eventuell dislozierte Densspitze

#### **Schanzkragen:**

Eine weiche Halsorthese bildet die geringste Stufe der Immobilisation. Sie wird in der Regel nach der Behandlung mit der festen Halsorthese oder dem Halo-Fixateur angelegt.

#### **Feste Halsorthese, z. B. Philadelphia-Halskrause:**

besteht aus zwei Teilen, die durch einen Klettverschluss verbunden sind; wird aus sehr festem Schaum hergestellt und garantiert die Einschränkung der Kopf-Hals-Bewegung; wird zur Ruhigstellung der HWS, insbesondere bei Typ-I-Frakturen, verwendet oder ist bei Typ-II- und Typ-III-Frakturen ohne Beweglichkeit im C1/C2-Segment indiziert. Eine Röntgen-Kontrolle sollte im Verlauf zur Beurteilung der knöchernen Durchbauung erfolgen.



**Abbildung 11:** Philadelphia-Halsorthese <http://www.medicalexpo.de>.

#### **Halo-Fixateur:**

Ein Kopfring wird mit einer Thoraxweste verbunden, hergestellt aus MRT-tauglichem Metall. Er verspricht die Ruhigstellung der HWS, indiziert bei allen HWS-Frakturen.



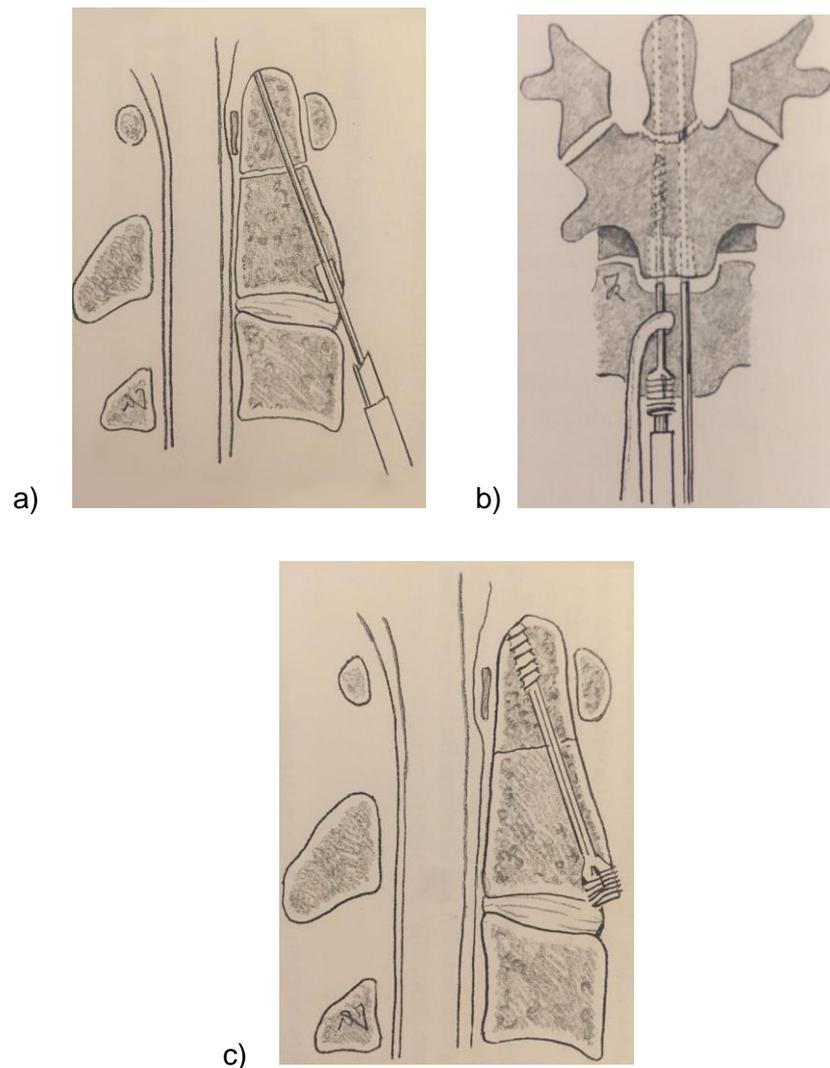
**Abbildung 12:** PMT-Halo-Fixateur-Orthese (<https://www.eco-rehatechnik.de/lieferprogramm/halo-fixateur/>).

## 1.8.2 Operative Behandlung

### **Ventrale Densverschraubung nach Böhler (1982):**

Das Prinzip ist die bikortikale Platzierung einer Zugsschraube. Eine Densschraube wird von der Basis des HWK2-Wirbelkörpers über den Frakturspalt bis in die Densspitze gelegt. Manche Autoren empfehlen das Einbringen einer weiteren Schraube zur Verbesserung der Rotationsstabilität (Abbildung13).

Kontraindikationen sind eine ligamentäre atlantoaxiale Instabilität (Osterhoff et al. 2019, Leidel et al. 2005), eine fehlende Reposition und ein Frakturalter von mehr als 3 Monaten (Hölper und Eichler 2012)



**Abbildung 13:** Schematische Darstellung der ventralen Doppelgewindeschrauben (Knöringer 1988).

### **Dorsale Stabilisierung**

Diese galt früher als Standardtherapie der Densfrakturen. Als sekundäre Stabilisierung wurde sie bei Pseudoarthrosen und Instabilität nach ventraler Versorgung angewendet.

Besonders indiziert ist sie bei Typ-IIc-Frakturen, wenn die Frakturlinie ungünstig für eine ventrale Versorgung verläuft.

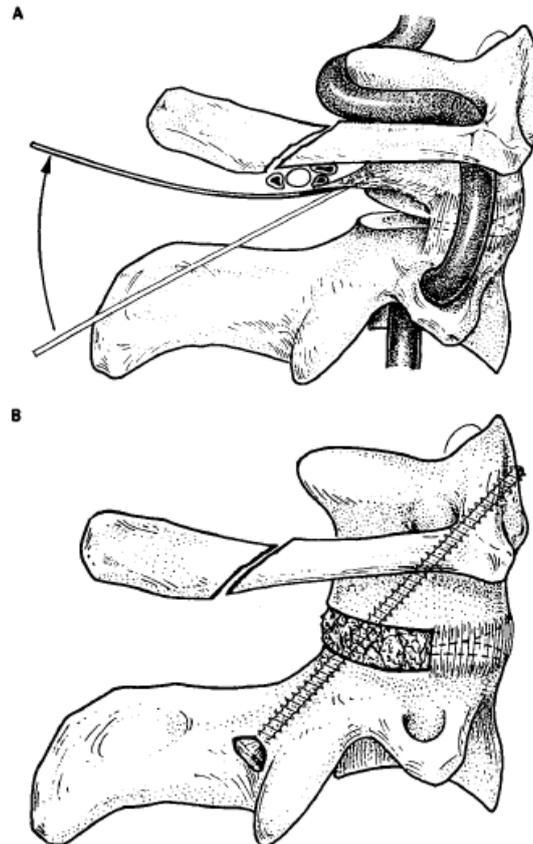
### **Dorsale Stabilisierung nach Gallie (Gallie und Turner 1939):**

Anlage eines autogenen Knochenkeils, H-förmig dorsal zwischen Atlas und Axis.

### **Transartikuläre atlantoaxiale Stabilisierung nach Magerl (Magerl und Seemann 1987):**

Der Eintrittspunkt der „Magerl-Schraube“ wird knapp oberhalb des Gelenkes HWK 2/3 durch den Isthmus des HWK2 und des Gelenkes HWK1/2 in die Massa lateralis HWK1 eingebracht. Besonders ist auf die Arteria vertebralis zu achten. Etwa 22 % der Arteria-vertebralis-Gefäße

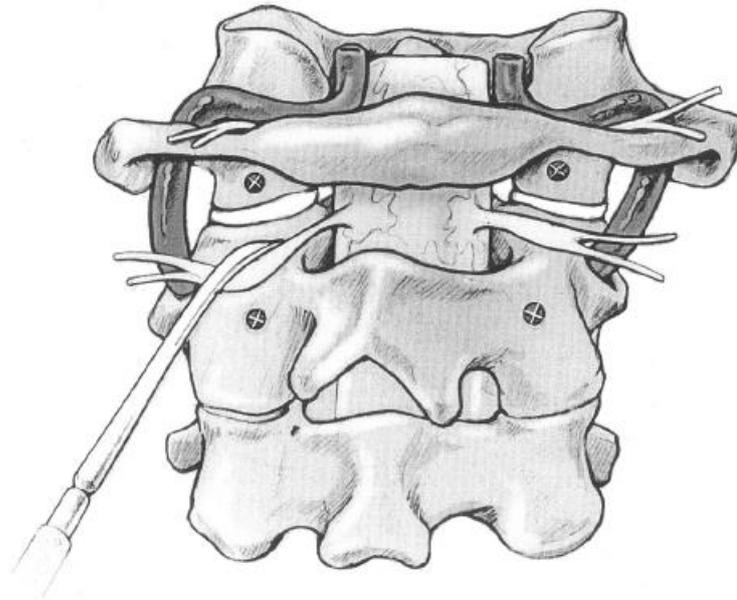
zeigten in einer Studie von Madawi et al. (1997) atypische Verläufe, wodurch eine Verletzungsgefahr besteht. Hier wird die präoperative Durchführung einer CT empfohlen, um deren Verlauf darzustellen. Eine zusätzliche Aufrichtung mittels Beckenkammpongiosa ist erforderlich. Die Anwendung einer spinalen Navigation, wenn verfügbar, ist aufgrund der komplexen Anatomie angeraten (Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Schraubeneintrittspunkte nach Magerl und Seemann (1987).

#### **Dorsale Stabilisierung nach Harms und Melcher (2001):**

Es erfolgt eine direkte Schraubenplatzierung in die Massa lateralis des HWK1. Eine Stabverbindung zu den Pedikelschrauben im HWK2 wird hergestellt. Die Schrauben verlaufen von dorsal unterhalb des lateralen Anteils des Atlasbogens hindurch. Die Arteria-vertebralis-Anomalien sollten berücksichtigt werden (Abbildung15).



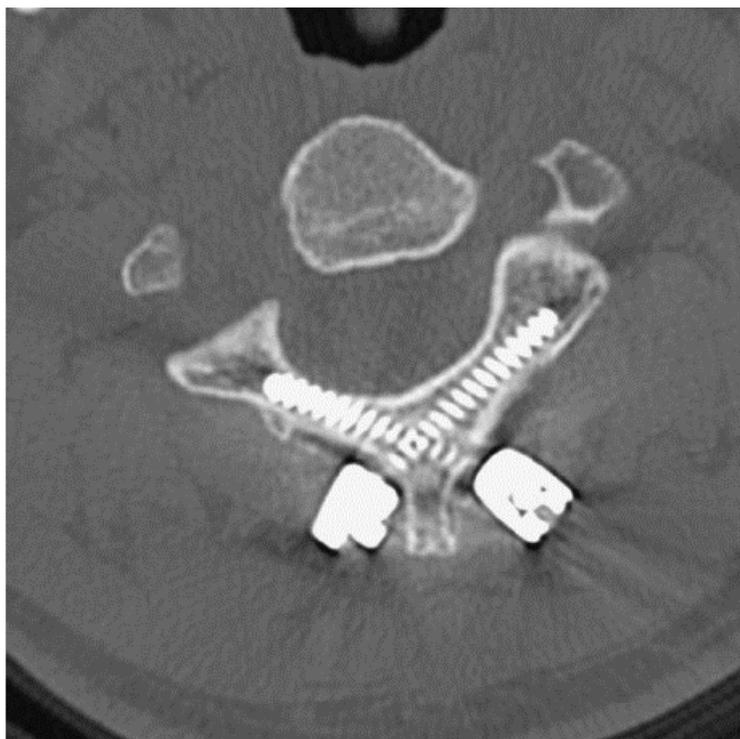
**Abbildung 15:** Schraubeneintrittspunkte, dorsale C1/C2-Versteifung nach Harms et al. (2001).

**Atlantoaxiale Fixation mittels translaminärer HWK2-Schrauben nach Wright (2004):**

Diese Variante ähnelt der Methode von Harms. Allerdings ist die Gefahr der Arteria-vertebralis-Verletzung minimiert. Es wird eine direkte Verschraubung der Massa lateralis des HWK1 vorgenommen, anschließend eine Fixation über zwei gekreuzte HWK2-Laminaschrauben. Voraussetzung dafür ist, dass die Lamina HWK2 intakt ist. Die Variante gilt als günstige Alternative der Osteosynthese nach Harms bei Anomalien des Arteria vertebralis-Verlaufes (Moskopp et al. 2015).



**Abbildung 16:** Laterales Röntgen der HWS zeigt die dorsale C1/C2 Versteifung nach Wright (2004).



**Abbildung 17:** Axiales CT der C2-Lamina mit gekreuzten C2-Schrauben nach Wright (2004).

## 2 Material und Methoden

Die Basis der Betrachtung bilden alle Patienten, deren Densfraktur primär oder sekundär von ventral mittels Doppelgewindeschrauben im Zeitraum von Februar 2002 bis November 2016 in der Klinik für Neurochirurgie des Universitätsklinikums Magdeburg chirurgisch versorgt wurden. Es handelt sich um eine retrospektive Datenanalyse auf der Basis vorhandener Krankenakten, der Operation und ambulanter Nachkontrollen. Nach Aktensichtung wurden die anamnestischen, klinischen und Nachsorgedaten direkt in einer SPSS-Datei erfasst. Der Frakturtyp wurde anhand von CT-Bildern beurteilt.

Im ersten Schritt wurden die Frakturtypen einander gegenübergestellt und anschließend mögliche Einflussgrößen für die klinischen Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung der Stabilität des Operationsbereiches diskutiert. Der Heilungsprozess wurde hinsichtlich Fusion oder Pseudoarthrosen-Bildung, Fehllage der Implantate oder erneuter Dislokation beurteilt.

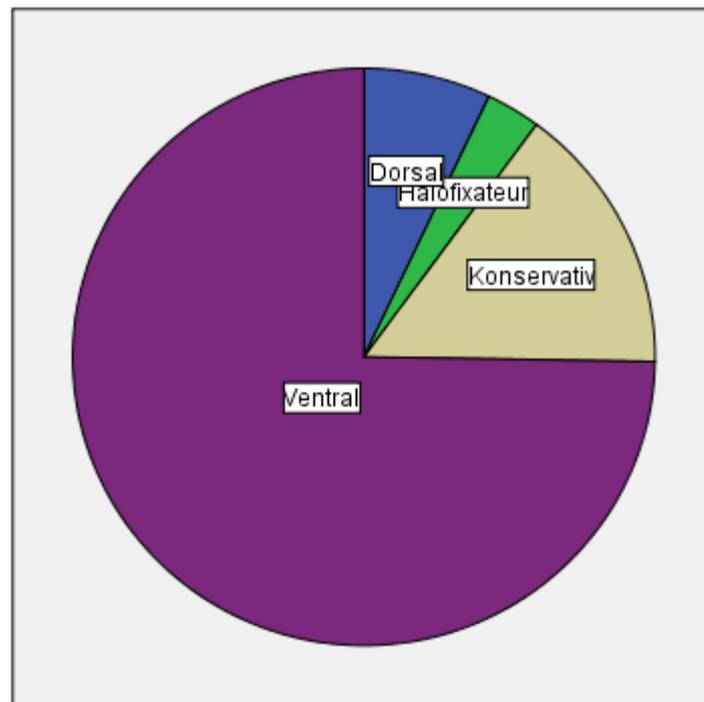
Stetige Parameter wurden in der Form  $\bar{x} \pm s$  beschrieben. Die Häufigkeitsauszählungen qualitativer Merkmale wurden durch grafische Darstellungen ihrer Verteilungen ergänzt. Die Analyse von Zusammenhängen qualitativer Merkmale erfolgte mithilfe des exakten Tests von Fisher. Für Gruppenvergleiche stetiger Merkmale kam im Zweigruppenfall der Welch-Test zur Anwendung. Zu Mehrgruppenvergleichen dienten Varianzanalysen (ANOVA).

Als Signifikanzniveau wurde  $\alpha = 0.05$  festgelegt. Da diese Beobachtungsstudie kein ausgewiesenes primäres Zielkriterium hat, sondern Zusammenhänge mit verschiedener Ausrichtung diskutiert werden sollen, hat sie explorativen Charakter und es wurde bis auf Post-Hoc-Tests bei Mehrgruppenvergleichen bzw. mehrfaktoriellen Modellen auf eine  $\alpha$ -Adjustierung verzichtet.

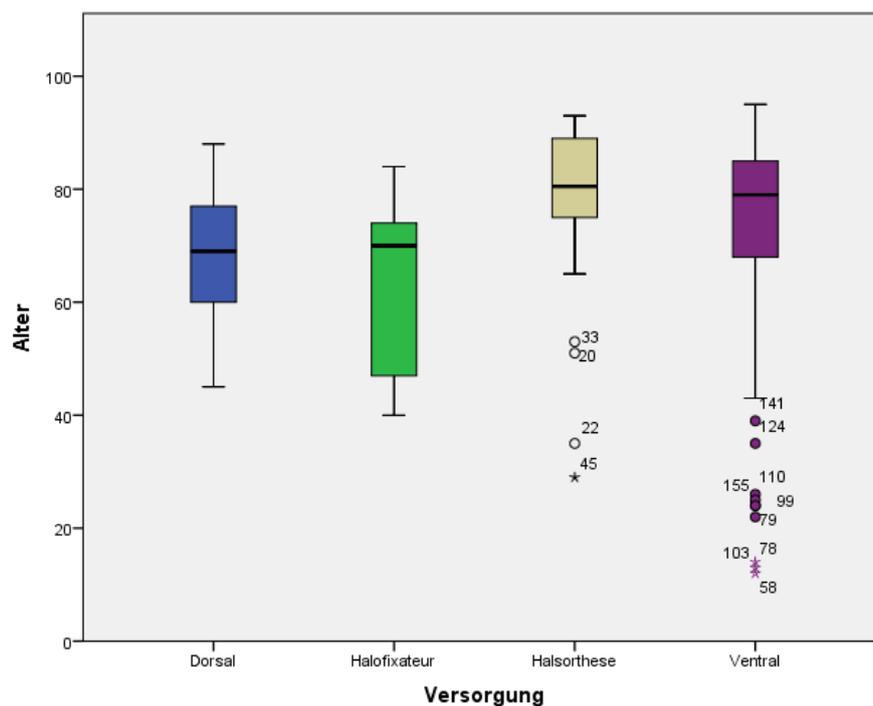
### 2.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von 2002 bis 2016 wurden 198 Patienten mit Densfrakturen in der Klinik für Neurochirurgie der Universitätsklinik Magdeburg behandelt. 81 Patienten waren männlich (41 %), 117 weiblich (59 %). Das Alter lag zwischen 12 und 95 Jahren. Nach der Anderson- und D'Alonzo-Einteilung hatten 3 Patienten eine Typ-I-Fraktur (1,5 %), 167 Patienten eine Fraktur des Typs II (84,4 %) und 28 Patienten eine des Typs III (14,1 %).

Die primäre Behandlung erfolgte bei 30 Patienten (15,2 %) konservativ mittels fester Halsorthese, bei 6 Patienten mittels Halo-Fixateur (3 %), bei 148 Patienten von ventral mittels Doppelgewindeschrauben (74,8 %) und bei 14 Patienten (7 %) von dorsal mittels Schraubosteosynthese, da eine ventrale Verschraubung aufgrund der ungünstigen Frakturlinie nicht möglich war (Vergleich Abbildung 17).



**Abbildung 18:** Primäre Behandlung der Densfrakturen 2002 bis 2016, Klinik für Neurochirurgie, Uniklinik Magdeburg.



**Abbildung 19:** Boxplot der Altersverteilung bei initialer Versorgung.

In diese retrospektive Studie eingeschlossen wurden alle Patienten, die im Zeitraum von 2002 bis 2016 primär und sekundär von ventral mittels Doppelgewindeschrauben operiert wurden, insgesamt 151.

Diese Patienten erhielten während der Behandlung eine bildgebende Diagnostik (natives Röntgen, CT, MRT).

Die Einteilung erfolgte nach Anderson und D'Alonzo. Die Operationsentscheidung wurde in der neurochirurgischen interdisziplinären Röntgen-Besprechung getroffen. Alle Patienten wurden nach einem standardisierten Verfahren operiert.

Postoperativ erfolgte die Lagekontrolle der Densschrauben bildmorphologisch.

Eine Nachuntersuchung wurde bei 111 Patienten (n = 111) geleistet, 40 Patienten erschienen nicht zur postoperativen Kontrolle. Der Follow-up-Zeitraum lag zwischen einem Monat und 76 Monaten. Hier wurden die Beschwerden der Patienten erhoben, eine klinisch-neurologische Untersuchung sowie eine radiologische Diagnostik (natives Röntgen/CT) durchgeführt. 4 Patienten verstarben während der stationären Behandlung postoperativ aufgrund anderer Ursachen.

Nicht untersucht wurden Patienten mit einer HWK2-Wirbelkörperfraktur ohne Densbeteiligung.

Die anamnestischen Parameter wurden für das gesamte Patientenkollektiv (n = 151) statistisch untersucht. Hinsichtlich des Verlaufs und der Stabilität wurden die Analysen auf die nachuntersuchten Patienten (n = 111) eingeschränkt.

## **2.2 Radiologische Untersuchung**

Im Kontext der Aufnahme wurde bei allen Patienten ein CT der HWS mit axialen, sagittalen und koronaren Rekonstruktionen ergänzt, um die Densfraktur hinsichtlich der Einteilung, des Frakturverlaufes, der Instabilität sowie der Dislokation der Densspitze besser darstellen zu können.

Optionale MRT-Untersuchungen zeigten den Zustand der Weichteile zum Ausschluss von Myelon-Kontusionen oder ligamentären Verletzungen an.

Das native Röntgen mit gehaltenen Funktionsaufnahmen wurde v. a. bei Instabilität im CT durchgeführt, um die Beweglichkeit im Segment C1/C2 zu beurteilen. Dies erfolgte in einzelnen Fällen im Rahmen der stationären Aufnahme in Abhängigkeit vom OP-Zugang und im Verlauf nach der ventralen Versorgung bei Pseudoarthrosen-Bildung.

Instabilitätskriterien waren: Beweglichkeit im Segment C1/C2, Dislokation der Densspitze > 6 mm.

## **2.3 Operationstechnik**

Der Patient wird in Rückenlagerung in Intubationsnarkose gebracht. Es wird ein medianer Hautschnitt ungefähr in Höhe C4/5 durchgeführt. Anschließend wird das Platysma gespalten.

Danach werden die Speiseröhre und die Luftröhre stumpf abpräpariert und nach medial abgeschoben. Zunächst wird die Wirbelsäule dargestellt. Die gewünschte Eintrittshöhe wird mittels des Bildwandlers kontrolliert. Die C2-Kante wird fokussiert. Der Schraubenkanal wird mittels eines Kirschner-Drahtes unter Dauerdurchleuchtung vorgebohrt. Dieser verläuft von der Unterkante des C2 über den Frakturspalt bis in die Densspitze. Eine kanülierte Doppelgewindschraube wird unter Durchleuchtung über den Führungsdraht eingebracht. Nach Kontrolle der Schraubenlage wird der Draht entnommen. Abschließend wird der Sperrer entfernt. Die Schraubenlage wird erneut anhand von Röntgenbildern kontrolliert. Die Wunde wird schichtweise verschlossen.

### 3 Ergebnisse

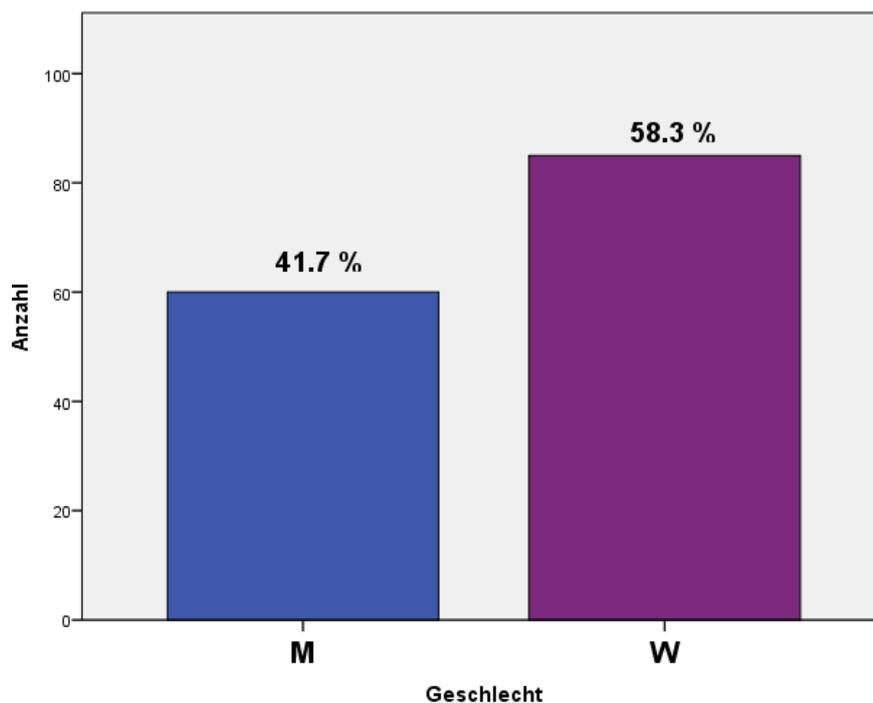
#### 3.1 Anamnestische Parameter im Gesamtkollektiv

##### 3.1.1 Alter, Geschlecht und Zeitabstände

Im Zeitraum von Januar 2002 bis November 2016 wurden 151 Patienten mit Densfrakturen von ventral in der neurochirurgischen Abteilung der Universitätsklinik Magdeburg versorgt. 63 waren männlich (41,7 %), 88 weiblich (58,3 %). Das Alter lag bei der stationären Aufnahme zwischen 12 und 95 Jahren mit einem Median von  $\tilde{x} = 78$ .

**Tabelle 1:** Alter und Zeitabstände im Patientenkollektiv.

Merkmale	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Alter	151	12	95	72.8	17.7
Follow-up-Zeitraum (Monate)	104	1	76	11.0	10.8
Abstand zwischen Aufnahme und OP (Tage)	148	.00	19.00	3.2	2.9
Zeitraum zwischen OP und Entlassung (Tage)	146	.00	32.00	6.6	5.3
Zeitraum zwischen Trauma und OP	147	.00	180	8,5	20.0



**Abbildung 20:** Häufigkeitsverteilung des Geschlechts.

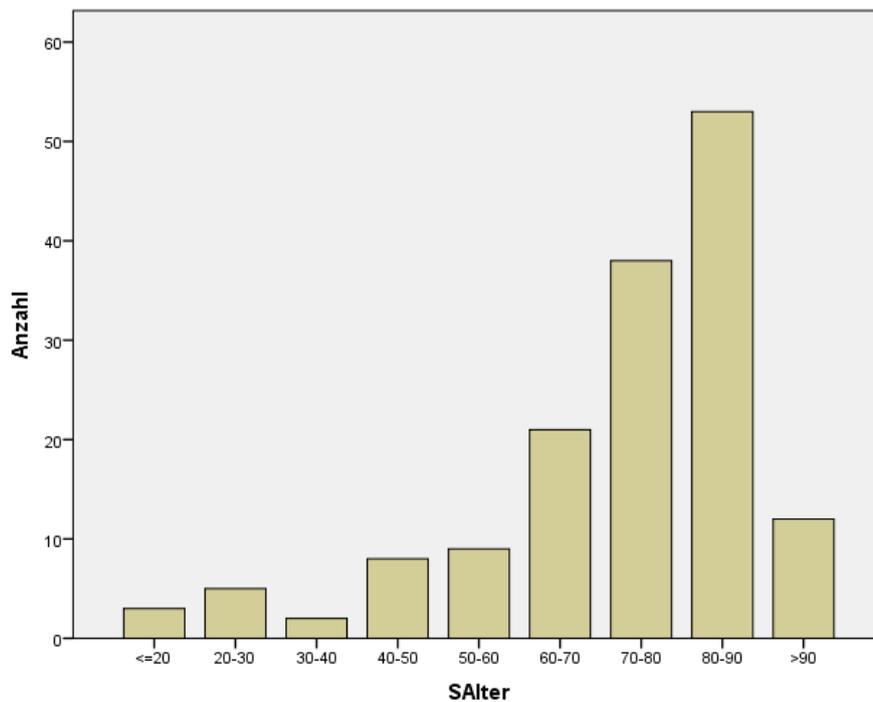


Abbildung 21: Alter der Patienten bei der Operation.

### 3.1.2 Unfallursache und Frakturtypen

Die häufigste Ursache der Densfraktur in dem beschriebenen Patientenkollektiv ist der häusliche Sturz bei 105 Patienten (69,5 %). Danach folgt der Treppensturz bei 24 Patienten (15,9 %). Im Falle von 20 Patienten (13,2 %) lag ein Unfall der Frakturursache zugrunde. Bei einer Patientin (0,7 %) entstand die Fraktur spontan ohne vorbekannte bösartige Prozesse und ein Patient (0,7 %) erlitt eine Densfraktur nach einem Suizidalversuch.

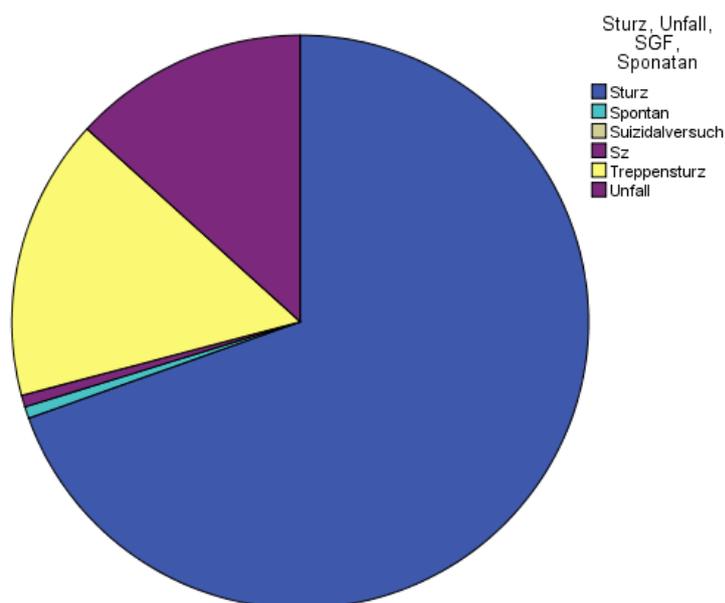
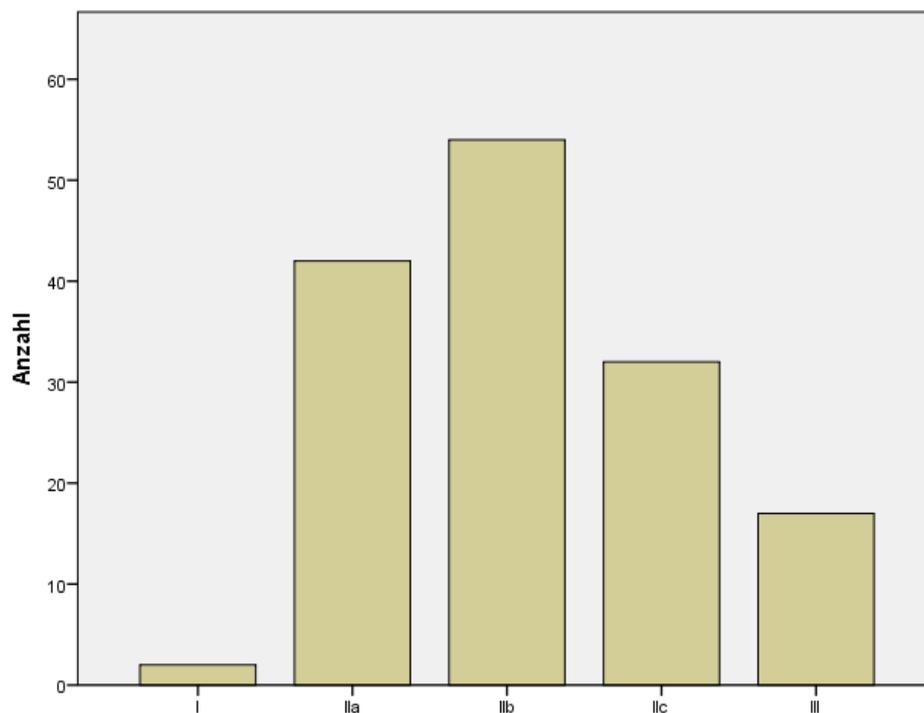


Abbildung 22: Verteilung der Unfallursachen.

Die Bildgebung war von 147 Patienten verfügbar ( $n = 147$ ). Hier war nach der Einteilung von Anderson und D'Alonso Typ II mit 87 % ( $n = 128$ ) der häufigste Frakturtyp. Bei 17 Patienten bestand ein Typ III (11,6 %) und 2 Patienten wiesen den Typ I auf (1,4 %). Letztgenannter wurde aufgrund der sehr kleinen Fallzahl von den statistischen Vergleichsanalysen ausgenommen. In die Berechnungen gingen nur die anderen Frakturtypen ein.

Unterteilt man den Typ II nach Eysel und Roosen in Untergruppen, war der Typ IIb mit 54 Patienten (42 %) am häufigsten vertreten, gefolgt von Typ IIa bei 42 Patienten (33 %). Bei 32 Patienten (25 %) wurde Typ IIc diagnostiziert (vgl. Abbildung 23).



**Abbildung 23:** Patientenzahl nach weiterer Einteilung in Anlehnung an Eysel und Roosen.

### 3.1.3 Aufnahmezustand

Von 147 Patienten ( $n = 147$ ) waren 118 Patienten (80 %) bei der Aufnahme wach, darunter 19 Patienten (13 %) bewusstseinsgetrübt. 10 Patienten (7%) waren bewusstlos. Sie wurden intubiert und beatmet (Abbildung 24).

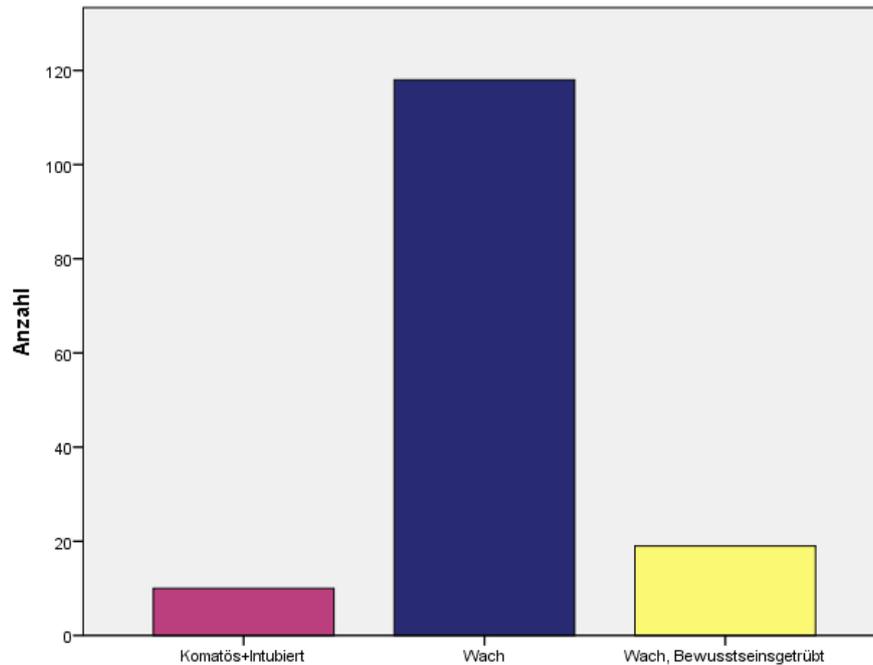


Abbildung 24: Aufnahmezustand der Patienten.

### 3.1.4 Beschwerden bei der Aufnahme

Von 106 Patienten ( $n = 106$ ) waren Nackenschmerzen bei 99 Patienten (93,4 %) die Hauptbeschwerde, davon bei 21 Patienten mit Ausstrahlung in den Hinterkopf und bei 6 Patienten mit Ausstrahlung in die Extremitäten. Bei 4 Patienten (3,8 %) wurden nur Kopfschmerzen angegeben. 3 Patienten (2,8 %) hatten keine Beschwerden bei der Aufnahme (Abbildung 25).

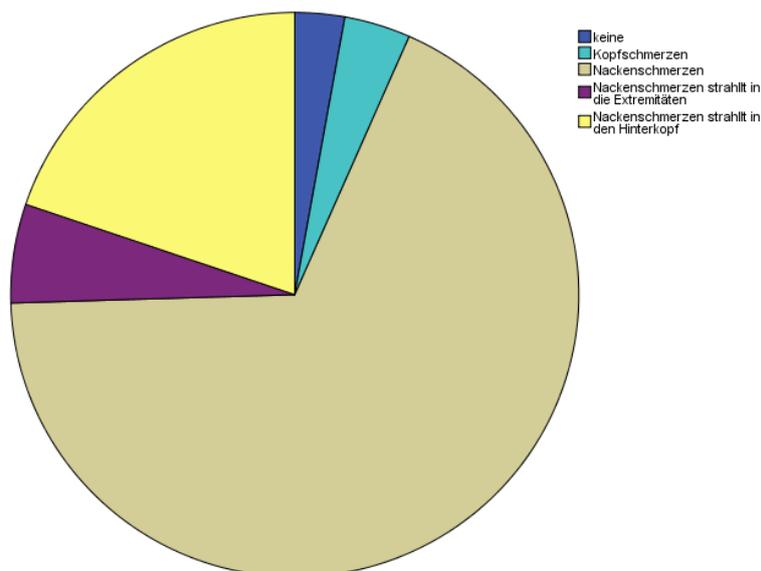


Abbildung 25: Beschwerden der Patienten bei der Aufnahme.

### 3.1.5 Neue neurologische Ausfälle bei der Aufnahme

Von 137 Patienten (n = 137) stellten sich 18 Patienten bei der Aufnahme mit neuen neurologischen Ausfällen (13,1 %) vor. 16 unter ihnen zeigten motorische Ausfälle. Ein Patient hatte sensomotorische Ausfälle und ein weiterer Sensibilitätsstörungen. Im Falle von 119 Patienten (86,9 %) war die neurologische Untersuchung bei der Aufnahme unauffällig.

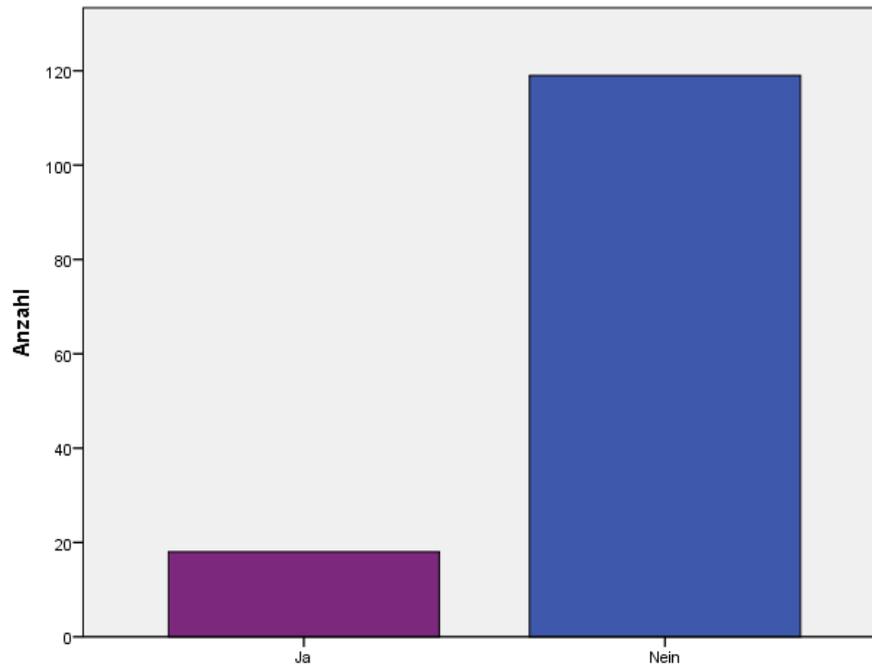


Abbildung 26: Neurologische Untersuchung bei der Aufnahme.

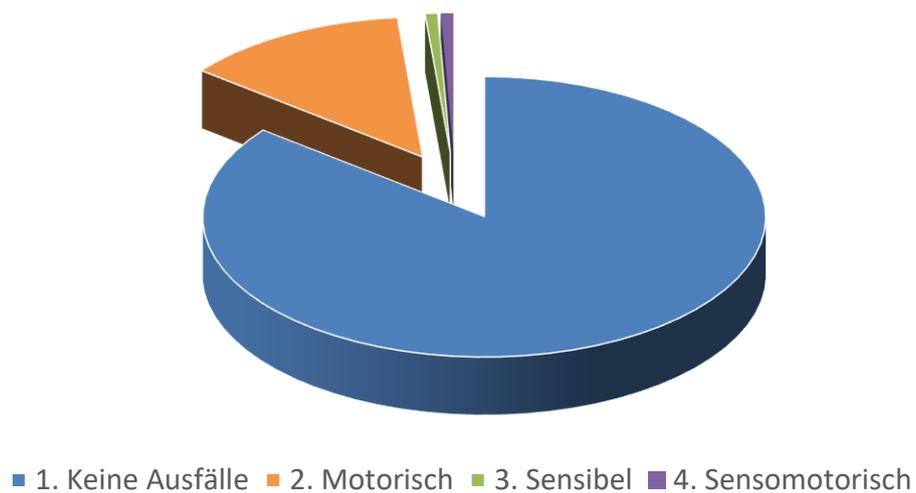


Abbildung 27: Einteilung der neuen neurologischen Ausfälle bei der Aufnahme.

**Tabelle 2:** Verlauf der neurologischen Ausfälle prä- und postoperativ.

Neurologische Ausfälle	Präoperativ	Besserung bei Entlassung	Besserung ambulante Vorstellung	Verbleibende Ausfälle
<b>Motorisch</b>	16	6	6	4
<b>Sensomotorisch</b>	1	0	1	0
<b>Sensibel</b>	1	1	0	0

Wie in der Tabelle 9 dargelegt, waren die motorischen Ausfälle bei 12 Patienten (75 %) im Zeitraum vom 0 bis 12 Monaten komplett rückläufig. Davon waren bereits 6 Patienten im Kontext der Entlassung ohne neurologische Defizite. Bei einem Patienten (6 %) besserten sich die motorischen Ausfälle nicht. Drei Patienten (19 %) erschienen nicht zur ambulanten Untersuchung.

Der Patient mit sensomotorischen Defiziten war zum Zeitpunkt der ersten ambulanten Vorstellung nach 15 Monaten ohne neurologische Ausfälle (100 %). Ferner zeigte sich bei dem Patienten mit der Sensibilitätsstörung direkt postoperativ eine rückläufige Tendenz (100 %).

In der Zusammenschau waren die neurologischen Ausfälle bei 14 Patienten (77.8 %) komplett rückläufig.

### 3.1.6 Komplikationen

Es gab insgesamt 6 Patienten mit postoperativen Komplikationen. Bei 4 Patienten trat Dysphagie auf. Bei einem Patienten wurde bei respiratorischer Insuffizienz ein paravertebrales Hämatom im OP-Gebiet mit Tracheaverlagerung festgestellt. Diese wurde revidiert und ausgeräumt. Für einen Patienten ließ sich postoperativ eine respiratorische Insuffizienz festhalten. Er wurde reintubiert und im Verlauf tracheotomiert. Die übrigen postoperativen Verläufe gestalteten sich komplikationslos.

Vier Patienten (2,6 %) sind im postoperativen Verlauf an Herz-Kreislauf-Versagen verstorben. Ein Patient starb an Hirnblutung. Bei 3 Patienten ist die Todesursache ungeklärt.

### 3.1.7 Aufenthaltsdauer

Die Liegedauer erstreckte sich von minimal 3 bis hin zu 66 Tagen aufgrund von Multimorbidität oder Polytrauma.

**Tabelle 3:** Aufenthaltsdauer der untersuchten Patienten.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>Aufenthaltsdauer</b>	142	3,00	66,00	11,0493	8,98804

### 3.1.8 Entlassungsrichtung

Von 143 Patienten (n = 143) wurde 42 Patienten (27.8 %) nach Hause entlassen, 88 (58.3 %) in ein anderes Krankenhaus verlegt und 13 (8.6 %) in die Reha verlegt.

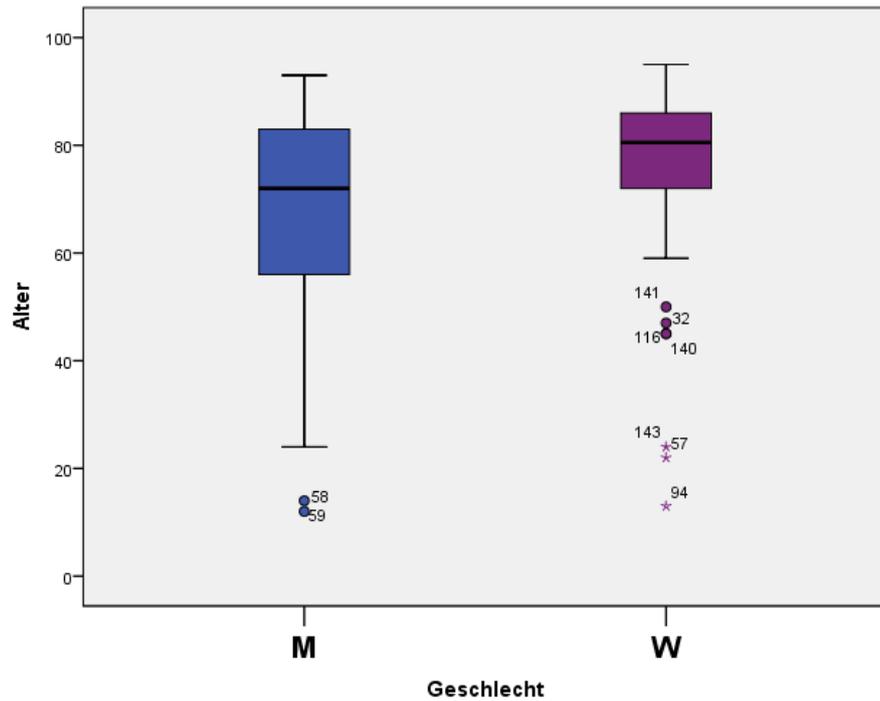
## 3.2 Analyse von Zusammenhängen

### 3.2.1 Einfluss des Geschlechts

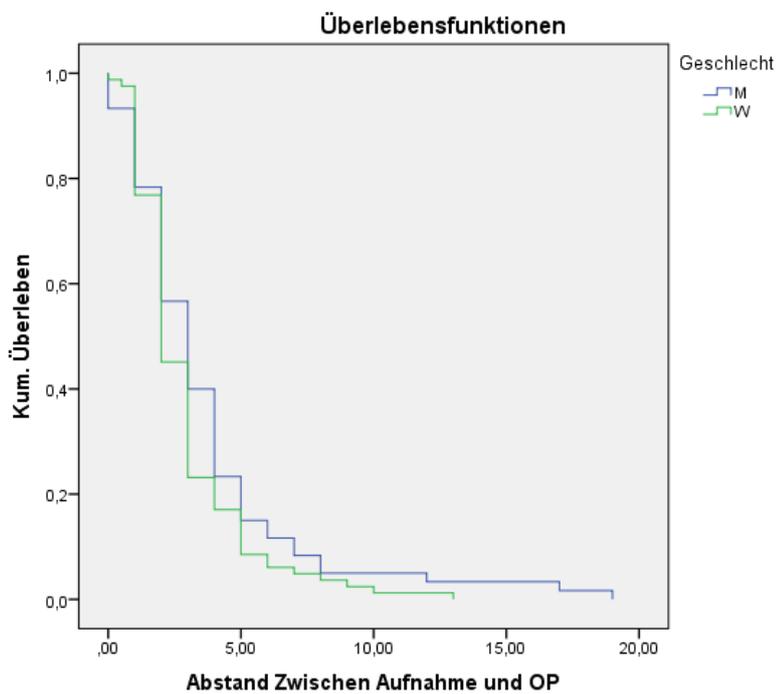
**Tabelle 4:** Geschlechtervergleich für Alter und Zeitabstände mittels Welch-Tests.

Merkmale	Geschlecht	N	Mittelwert	P-Value
<b>Alter</b>	M	63	67.6	0.003
	W	88	76.6	
<b>Aufnahme-OP Abstand</b>	M	63	3.6	0.152
	W	85	2.9	
<b>Trauma-OP Abstand</b>	M	59	13.3	0.540
	W	82	5.5	
<b>OP-Entlassung Abstand</b>	M	59	6.3	0.326
	W	81	7.1	

Tabelle 4 zeigt eine den Lebenserwartungen entsprechende Altersdifferenz zwischen Frauen und Männern. Überraschend ist allerdings der Altersabstand von über 9 Jahren, zumal man bei Frauen eher mit Osteoporose zu rechnen hat. Die drei nachfolgenden Zeilen zeigen dagegen, dass bezogen auf den Behandlungsablauf kein Geschlechterunterschied zu verzeichnen ist.



**Abbildung 28:** Boxplot-Darstellung der Altersverteilung im Geschlechtervergleich.



**Abbildung 29:** Kaplan-Meier-Darstellung der Zeitabstände zwischen Aufnahme und Operation im Geschlechtervergleich (Angabe in Tagen).

Die Kaplan-Meier-Darstellung zeigt, dass die Wartezeiten zwischen Aufnahme und OP geschlechtsunabhängig sind. Darüber hinaus erkennt man, dass etwa 85 % der Patienten innerhalb der ersten 5 Tage operiert wurden und die maximale Liegezeit aufgrund medizinischer Besonderheiten, wie z. B. Koma oder Instabilität, 3 Wochen betrug.

**Tabelle 5:** Vergleich der qualitativen Merkmale hinsichtlich des Geschlechts mittels des exakten Tests von Fisher.

Merkmale	N	Geschlecht		P-Value
		M	W	
Stabilität	111	49	62	0.238
Stabil		31	45	
Instabil		18	17	
Frakturtyp	145	60	85	0.266
IIa		20	22	
IIb		22	32	
IIc		9	23	
III		9	8	
Ursache	145	60	85	0.765
Sturz		40	61	
Treppensturz		11	13	
Unfall		8	10	
Suizidalversuch		1	0	
Spontan		0	1	
Beschwerden bei der Aufnahme:	102	40	62	0.514
-Nackenschmerzen		29	40	
-Nackenschmerzen strahlen in die Extremitäten		2	4	
-Nackenschmerzen strahlen in den Hinterkopf		7	17	
-Asymptomatisch		2	1	
Neue neurologische Ausfälle bei der Aufnahme:	142	58	74	0,799
Ja		7	11	
Nein		51	63	
<b>Allgemeinzustand bei der Aufnahme:</b>	142	60	82	0,419
Wach		51	63	
Komatös, intubiert		2	7	
Wach, bewusstseinsgetrückt		7	12	
<b>Allgemeinzustand bei der Entlassung:</b>	142	57	78	0.121
Wach		5	59	
Bewusstseinsgetrückt		7	19	
<b>Entlassungsrichtung:</b>	137	58	79	0.122
Häuslichkeit		22	17	
Krankenhaus		31	54	
Rehaklinik		5	8	

Merkmale	N	Geschlecht		P-Value
		M	W	
<b>Begleiterkrankungen:</b>	132	58	74	0,145
Osteoporose		3	10	
Ja		55	64	
Nein				
Diabetes mellitus	134	58	76	0,145
Ja		9	20	
Nein		49	56	
Niereninsuffizienz	134	58	76	<b>0.008</b>
Ja		2	14	
Nein		56	62	
Morbus Bechterew	134	58	76	0.505
Ja		0	2	
Nein		58	74	
Hyperurikämie	134	58	76	0.578
Ja		2	1	
Nein		56	75	
Arterielle Hypertonie	134	58	76	<b>0.005</b>
Ja		23	49	
Nein		35	27	
Vorhofflimmern	134	58	76	1.0
Ja		9	12	
Nein		49	64	
Rheumatoide Arthritis	134	58	76	0.299
Ja		2	7	
Nein		56	69	

Unter den betrachteten Nebenerkrankungen ergaben sich für die Hypertonie und die Niereninsuffizienz geschlechtsspezifische Unterschiede. Da der Anteil der Komorbiditäten jeweils bei den Frauen höher liegt, muss man davon ausgehen, dass hier das höhere Alter ebenfalls eine Rolle spielt.

### 3.2.2 Stabilität

**Tabelle 6:** Vergleich der Stabilität für Alter und Zeitabstände mittels Welch-Tests.

Merkmale	Stabilität	N	Mittelwert	P-Value
Alter	Stabil	72	70.07	0.106
	Instabil	34	74.97	
Aufnahme-OP Abstand	Stabil	71	3.03	0.311
	Instabil	32	3.75	
Trauma-OP Abstand	Stabil	70	8,47	0.359
	Instabil	32	14,12	
OP-Entlassung Ab- stand	Stabil	71	6.01	0.368
	Instabil	32	7.06	

**Tabelle 7:** Vergleich der qualitativen Merkmale hinsichtlich der Stabilität mittels des exakten Tests von Fisher.

Merkmale	N	Stabilität		P-Value
		Stabil	Instabil	
Frakturtyp	106	72	34	<b>0.044</b>
IIa		22	9	
IIb		21	19	
IIc		18	3	
III		11	3	
Ursache	106	72	34	0,231
Sturz		48	22	
Treppensturz		12	7	
Unfall		12	3	
Suizidalversuch		0	1	
Spontan		0	1	
Beschwerden bei Aufnahme:	84	55	29	0,056
-Nackenschmerzen		39	18	
-Nackenschmerzen strahlen in die Extremitäten		1	5	
-Nackenschmerzen strahlen in den Hinterkopf		14	6	
-Asymptomatisch		3	0	
Neue neurologische Ausfälle bei Aufnahme	101	69	32	1,00
Ja		10	4	
Nein		59	28	

Merkmale	N	Stabilität		P-Value
		Stabil	Instabil	
Hautschnitthöhe:	72	51	21	0,245
C2/3		1	0	
C3/4		16	4	
C4		5	0	
C4/5		7	5	
C5		9	2	
C5/6		12	10	
C6		1	0	
Allgemeinzustand bei Aufnahme:	103	71	32	
Wach		66	29	
Komatös, intubiert		2	0	
Wach, bewusstseinsgetrübt		3	3	
Allgemeinzustand bei Entlassung:	103	71	32	0,376
Wach		65	28	
Bewusstseinsgetrübt		6	4	
Entlassungsrichtung:	103	71	32	<b>0,019</b>
Häuslichkeit		26	8	
Krankenhaus		43	18	
Rehaklinik		2	6	
Begleiterkrankungen:	100	67	33	0,244
Osteoporose		4	4	
Ja		63	29	
Nein				
Diabetes mellitus	102	69	33	0,347
Ja		11	7	
Nein		58	26	
Niereninsuffizienz	102	69	33	0,503
Ja		7	4	
Nein		62	29	
Morbus Bechterew	102	69	33	0,455
Ja		2	0	
Nein		67	33	
Hyperurikämie	102	69	33	0,324
Ja		0	1	
Nein		69	32	

Merkmale	N	Stabilität		P-Value
		Stabil	Instabil	
Arterielle Hypertonie	131	69	33	0,199
Ja		32	19	
Nein		37	14	
Vorhofflimmern	102	69	33	<b>0.017</b>
Ja		6	9	
Nein		63	24	
Rheumatoide Arthritis	102	69	33	0,523
Ja		3	2	
Nein		66	31	

In der vorangegangenen Tabelle fallen Stabilitätsunterschiede in den Bereichen Frakturtyp ( $p = 0.044$ ), Entlassungsrichtung ( $p = 0.019$ ) und Vorhofflimmern ( $p = 0.017$ ) als Komorbidität auf.

### 3.2.3 Frakturtyp: stetig/diskret

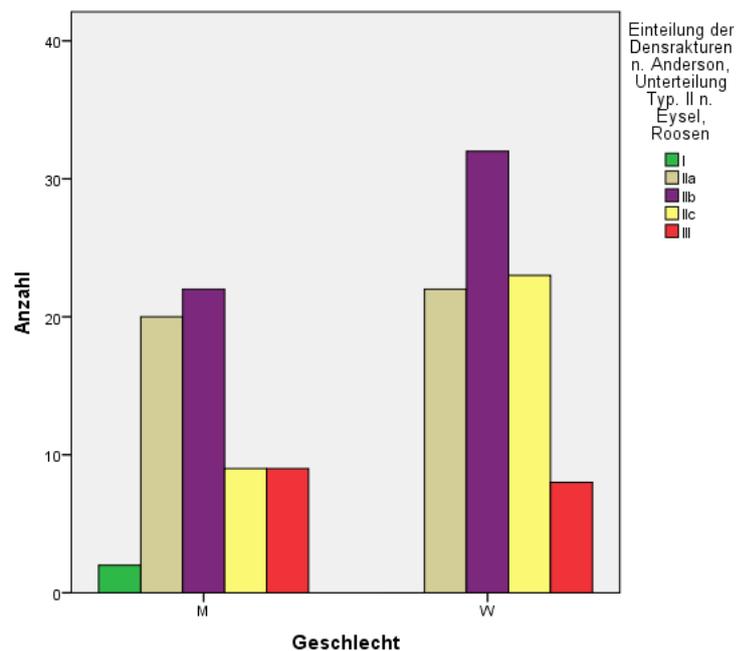


Abbildung 30: Vergleich des Frakturtyps nach Geschlecht.

**Tabelle 8:** Vergleich des Frakturtyps für Alter und Zeitabstände mittels ANOVA- Tests.

<b>Merkmal</b>	<b>Frakturtyp</b>	<b>N</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Std.-Abwei- chung</b>	<b>p-Wert</b>
Alter	III	17	68,65	23,062	0,281
	Ila	42	72,26	18,076	
	Ilb	54	76,80	13,724	
	Ilc	32	71,78	17,910	
Abstand zwischen Aufnahme und OP	III	16	3,9375	2,29401	0,624
	Ila	41	3,3659	3,62461	
	Ilb	53	3,1132	2,65055	
	Ilc	32	2,8438	2,17180	
Abstand zwischen Trauma und OP	III	15	9,9333	15,59060	0,183
	Ila	41	14,1220	34,23682	
	Ilb	53	7,0189	10,10805	
	Ilc	32	4,2188	4,81084	
Abstand zwischen OP und Entlassung	III	16	7,6250	4,81491	0,555
	Ila	40	5,9500	4,45461	
	Ilb	52	6,6154	5,26979	
	Ilc	32	7,5625	6,60370	

Diese Tabelle zeigt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Frakturtyp, dem Alter und den Zeitabständen.

**Tabelle 9:** Vergleich der qualitativen Merkmale hinsichtlich des Frakturtyps mit dem exaktem Test von Fisher.

Merkmale	N	Frakturtyp				P-Value
		Ila	Ilb	Ilc	III	
Ursache	145	42	54	32	17	0.768
Sturz		28	41	21	11	
Treppensturz		8	7	6	24	
Unfall		5	6	5	2	
Suizidalversuch		0	0	0	1	
Spontan		1	0	0	0	
Beschwerden bei der Aufnahme:	102	27	39	23	13	<b>0,023</b>
-Nackenschmerzen		19	27	14	9	
-Nackenschmerzen strahlen in die Extremitäten		0	6	0	0	
-Nackenschmerzen strahlen in den Hinterkopf		8	6	8	2	
-Asymptomatisch		0	0	1	2	
Neue neurologische Ausfälle bei der Aufnahme:	132	36	51	28	17	0.311
Ja		5	4	5	4	
Nein		31	47	23	13	
<b>Hautschnitthöhe:</b>	98	27	37	21	13	0.661
C2/3		0	1	0	0	
C3/4		5	14	6	2	
C4		2	3	2	2	
C4/5		4	4	2	4	
C5		4	3	6	1	
C5/6		11	11	5	4	
C6		1	1	0	0	
Allgemeinzustand bei der Aufnahme:	142	40	53	32	17	0.317
Wach		33	43	22	16	
Komatös, intubiert		4	2	3	0	
Wach, bewusstseinsgetrübt		3	8	7	1	
Allgemeinzustand bei der Entlassung:	135	39	48	31	17	0.268
Wach		31	40	22	16	
Bewusstseinsgetrübt		8	8	9	1	
Entlassung wohin:	137	40	49	31	17	
Häuslichkeit		12	14	8	5	
Krankenhaus		25	29	22	9	
Rehaklinik		3	6	1	3	

Merkmale	N	Frakturtyp				P-Value
		Ila	Ilb	Ilc	III	
Begleiterkrankungen	132	38	51	26	17	0.228
Osteoporose		1	6	3	3	
Ja		37	45	23	14	
Nein						
Diabetes mellitus	134	39	51	27	17	0.143
Ja		4	14	8	3	
Nein		35	37	19	14	
Niereninsuffizienz	134	39	51	27	17	0.712
Ja		4	7	2	3	
Nein		35	44	25	14	
Morbus Bechterew	134	39	51	27	17	0.181
Ja		1	0	0	1	
Nein		38	51	27	16	
Hyperurikämie	134	39	51	27	17	0.863
Ja		1	2	0	0	
Nein		38	49	27	17	
Arterielle Hypertonie	134	39	51	27	17	0.478
Ja		19	31	15	7	
Nein		20	20	12	10	
Vorhofflimmern	134	39	51	27	17	0.127
Ja		2	10	5	4	
Nein		37	41	22	13	
Rheumatoide Arthritis	134	39	51	27	17	0.528
Ja		2	4	3	0	
Nein		37	47	24	17	

Diese Tabelle zeigt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Frakturtyp und den Beschwerden der Patienten bei der Aufnahme ( $p = 0.023$ ).

### 3.3 Multivariable Analyse

Im Rahmen der bivariaten Analysen zur Stabilität zeigte sich bei 3 Variablen ein signifikanter Einfluss auf die Stabilität. Mit diesen Variablen wurde eine multiple logistische Regression gerechnet, um ihren Einfluss auf die Stabilität unter Berücksichtigung ihrer wechselseitigen Beziehungen zu untersuchen.

**Tabelle 10:** Logistische Regressionsanalyse der signifikanten Merkmale mit der Stabilität.

		Vorhergesagt			
		Stabilität		Prozentsatz der Richtigen	
		Stabil	Instabil		
Schritt 1	Stabilität	Stabil	66	3	95,7
		Instabil	23	8	25,8
	Gesamtprozentsatz				74,0

Im Ergebnis ließen die Entlassungsrichtung und das Vorhofflimmern eine etwas größere Bedeutung als der Typ nach Andersson erkennen. Insgesamt konnten nur 25,8 % der Instabilitätsgruppe richtig prognostiziert werden.

Die bivariaten Analysen zur Stabilität haben im Wesentlichen drei Merkmale als bedeutsam herausgestellt. Deren Einfluss konnte in einer multiplen logistischen Regression bestätigt werden. Es konnten allerdings keine neuen Erkenntnisse gewonnen werden. Somit zeigt sich, dass über neue Merkmale und weiterführende Analysen nachzudenken ist.

## 4 Diskussion

### 4.1 Allgemeines

Die operative Behandlung von Densfrakturen gegenüber der konservativen Behandlung wurde von vielen Autoren aufgrund der erhöhten Pseudoarthrose rate empfohlen (Aebi und Etter 1991, Aebi et al. 1989, Böhler 1982, Etter et al. 1991, Apfelbaum et al. 2000, Bórm et al. 2003, Chi et al. 2007, Fountas et al. 2005, Joaquim und Patel 2015, Jenkins et al. 1998, Henry et al. 1999, Falavigna et al. 2017, Joestl et al. 2016, Harrop et al. 2000, Lee et al. 2004, Morandi et al. 1999, Song et al. 2007).

Darüber hinaus erzielt die operative Therapie von Densfrakturen mindestens die gleiche oder sogar eine höhere Fusionsrate als die konservative Behandlung durch Traktion, Orthese oder Halo-Fixateur, die laut Literaturlage bei 0 bis 64 % liegt (Aebi et al. 1989, Schatzker et al. 1971), im Falle von Typ-II-Frakturen bei ca. 34 % (Aebi et al. 1989).

Ferner ist die konservative Behandlung bei älteren Patienten gegenüber der operativen Behandlung mit verlängerter Immobilisation der HWS und damit auch mit erhöhter Morbidität und Mortalität verbunden (Meyer et al. 2018).

In der retrospektiven multizentrischen Studie von AOSpine North America (Chapman et al. 2013) wurden 165 operierten Patienten gegenüber 157 konservativ behandelten Patienten mit Typ-II-Densfraktur hinsichtlich ihrer Mortalität verglichen. Betrachtet wurden Patienten ab einem Alter von 65 Jahren. Die Autoren schlossfolgerten, dass für die operierten Patienten ein signifikanter Vorteil von 30 Überlebungsstagen gegenüber den konservativ behandelten Patienten bestand.

Besonders bei Typ-II-Frakturen wird von viele Autoren aufgrund der erhöhten Pseudoarthrosebildung die operative Behandlung empfohlen (Iyer et al. 2018).

Vor allem die ventrale Versorgung gemäß Böhler (1982) wurde nach Anderson als Standardverfahren zur Behandlung von Typ-II- und manchen Typ-III-Frakturen von vielen Autoren angeraten (Aebi und Etter 1991, Aebi et al. 1989, Bórm et al. 2003, Fountas et al. 2005, Etter et al. 1991, Jenkins et al. 1998, Henry et al. 1999, Meyer et al. 2018, Harrop et al. 2000, Lee et al. 2004, Morandi et al. 1999, Song et al. 2007, Hénaux et al. 2012, Geisler et al. 1989, Keskin et al. 2014). Diese stellt auch das Standardverfahren zur operativen Behandlung der Densfrakturen in unserer Klinik dar und wurde bei 74.8 % unserer Patienten primär angewandt. Durch das Verfahren wird die postoperative zervikale Beweglichkeit kaum eingeschränkt, das iatrogene Trauma minimiert und die Fusionsrate erhöht (Aebi et al. 1989). Weitere Vorteile sind die sofortige Stabilität der HWS und die Erhaltung der Beweglichkeit im Segment C1/2 (Apfelbaum et al. 2000).

In besonderen Fällen (7 %) wurde die dorsale Stabilisierung von Densfrakturen gewählt. Diese schränkt im Gegensatz zur ventralen Versorgung die Funktion des Gelenkes C1/2 und damit die zervikale Beweglichkeit ein. Die dorsale Stabilisierung gilt bisher als Methode der Wahl bei sekundärer Instabilität nach ventraler Versorgung von Densfrakturen (Schatzker et al. 1971). Einige Autoren (Falavigna et al. 2017) empfehlen die dorsale Stabilisierung bereits ab einer Dislokation von über 2 mm.

## 4.2 Patientenkollektiv

In unserer Studie wurden die Daten von 151 Patienten retrospektiv analysiert. Aufgrund des Charakters der Studie konnten bestimmte Merkmale nicht über das gesamte Patientenspektrum erworben werden.

Das Studienkollektiv setzt sich aus 63 Männern (41,7 %) und 88 Frauen (58,3 %) zwischen 12 und 95 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 78 Jahren zusammen.

In vorangehenden Studien bestand das Kollektiv allerdings aus mehr männlichen als weiblichen Patienten.

Beispielsweise waren in der Studie von Aebi et al. (1989) Männer häufiger von Densfrakturen betroffen als Frauen (64,7 % vs. 35,3 %). Das Patientenalter lag zwischen 18 und 79 Jahren, der Altersdurchschnitt betrug nur 53 Jahre.

In einer Studie von Apfelbaum et al. (2000) waren männliche Patienten ebenfalls häufiger betroffen (67 %) als weibliche (33 %), das Alter lag, ähnlich wie in unserer Studie, zwischen 15 und 92 Jahren.

Auch in der Studie von Keskin et al. (2014) zu Densfrakturen vom Typ II waren Männer häufiger (n = 31) vertreten als Frauen. Das Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten betrug 19:12, das Durchschnittsalter lag bei 43,8 Jahren.

1991 veröffentlichten Montesano et al. (1991) eine Studie über die ventrale Verschraubung. Die Mehrheit der Patienten ihres Studienkollektives war männlich. Das Alter aller Studienteilnehmer lag zwischen 21 und 89 Jahren mit einem durchschnittlichen Alter von 57 Jahren.

Das Kollektiv in der Arbeit von Fountas et al. (2005) setzte sich ebenso aus mehr Männern (65,8 %) als Frauen (34,2 %) zusammen. Der Altersdurchschnitt betrug 48,4 (+/- 0.4) Jahre. Hingegen waren in der Studie von Josten et al. (2016) zum postoperativen Verlauf nach transartikulärer, atlantoaxialer Verschraubung bei Typ-II-Frakturen Frauen häufiger betroffen (69 %) als Männer (31 %). Allerdings wurden in ihrer Studie nur Patienten über 70 Jahre eingeschlossen, weshalb das Durchschnittsalter um 84,7 Jahre mit einer Spannweite von 70 und 101 Jahren lag. Die Untersuchung ist daher nur eingeschränkt zum Vergleich geeignet.

In der multizentrischen Studie von Falavigna et al. (2017), welche Daten von 8 lateinamerikanischen Wirbelsäulenzentren analysierte, waren größtenteils männliche Patienten von einer Densfraktur betroffen (78,4%). Verkehrsunfälle waren als häufigste Frakturursache angegeben. Das durchschnittliche Alter lag bei 45.3 (+/- 23.54) Jahren.

Eine mögliche Erklärung dafür, dass Frauen bei steigendem Patientenalter von Densfrakturen häufiger betroffen sind als Männer, ist, dass ihre Lebenserwartung höher ist. Außerdem steigt mit dem Patientenalter die Wahrscheinlichkeit, dass eine Densfraktur nach einem Trauma auftritt (Josten et al. 2016, Arand et al. 2001). In unserem Patientengut war die häufigste Frakturursache ein häuslicher Sturz.

Das Patientenalter und das Geschlecht ergaben in unserer Auswertung keinen signifikanten Zusammenhang mit der Wirbelsäulenstabilität. Der P-Wert für Geschlecht und Stabilität betrug 0.238 und jener für Alter und Stabilität 0.106.

Meyer et. al (2018) veröffentlichten 2018 eine Studie, der zufolge Männer (55.6 %) etwas öfter betroffen waren als Frauen. Das durchschnittliche Alter lag zum Zeitpunkt des Traumas bei 70,7 Jahren. Ebenso fanden die Autoren heraus, dass Patientenalter und Geschlecht keinen nennenswerten Einfluss auf die Wirbelsäulenstabilität haben.

Fountas et al. (2005) identifizierten für Alter und Geschlecht ebenso keine signifikanten Unterschiede in der Fusionsrate. Der P-Wert für Alter und Fusion betrug 0.384, jener für Geschlecht und Fusion 0.437.

### **4.3 Unfallursache**

In unserem Kollektiv stellten die häufigsten Frakturursachen der häusliche Sturz (69,5 %) und der Treppensturz (15,9 %) – zusammen (85,4 %) – dar. 13,2 % der Patienten erlitten eine Densfraktur nach einem Verkehrsunfall. Diese Daten ähneln denen der vorangehend angeführten Literatur. Bei Montesano et al. (1991) war die häufigste Frakturursache der Sturz, gefolgt von Verkehrsunfällen. Bei Aebi et al. (1989) war ebenfalls der Sturz die häufigste Ursache (58,8 %). Verkehrsunfälle machten 35,3 % der Fälle aus. In der Studie von Schatzker et al. (1971) zogen sich 40,5 % der Patienten eine Densfraktur nach einem Sturz zu, 43,2 % der Patienten nach einem Verkehrsunfall.

Bei Falavigna et al. (2017) wurden allerdings die meisten Densfrakturen (67 %) durch Verkehrsunfälle, Stürze (29,5 %) und Sportunfälle (3,4 %) verursacht.

#### 4.4 Frakturtyp

Den häufigsten Frakturtyp in unserem Studienkollektiv stellte Typ II dar, der bei 128 Patienten (88,3 %) auftrat. In 17 Patientenfällen (11,3 %) handelte es sich um eine Densfraktur vom Typ III.

Diese Zahlen sind mit den Ergebnissen der Studie von Aebi (1989) vergleichbar, in welcher Typ-II-Frakturen bei 88,2 % und Typ-III-Frakturen bei 11,8 % des Kollektivs verzeichnet wurden.

Typ IIb zeigte in unserem Patientenkollektiv eine relevant höhere Instabilitätsrate ( $p = 0.044$ ). In der Literatur wurde beschrieben, dass die dorsale Dislokation der Fragmente eine mögliche Ursache für die Pseudoarthrosebildung sei (Meyer et al. 2018). Diese ist gerade bei Frakturen des Typs IIb zu erwarten, da die Dislokation des Densfragments der Richtung der Frakturlinie folgt.

Meyer et al. (2018) veröffentlichten eine Studie zur Darstellung der Verläufe nach der Behandlung von Typ-II-Densfrakturen. Die Unterteilung und die Behandlung erfolgten nach Eysel und Roosen (1993). Demnach wurden alle eingeschlossenen Patienten mit Typ IIa- und IIb-Frakturen von ventral mittels Doppelgewindeschrauben operiert. Nach Ablauf von durchschnittlich 7 Monaten hatten alle Patienten, die eine Pseudoarthrose aufwiesen, Frakturen des Typs IIb und mussten bis auf einen konservativ behandelten Patienten von dorsal sekundär operiert werden. Die Pseudoarthrosebildung bei Typ IIb-Frakturen kann aus Sicht der Autoren auf sowohl die morphologischen Kriterien der Fraktur als auch eine eventuelle Degeneration der Halswirbelsäule zurückgeführt werden.

#### 4.5 Beschwerden bei der Aufnahme

Zum Zeitpunkt der Aufnahme bestanden bei dem überwiegenden Teil der Patienten (93,4 %) ausstrahlende oder nicht ausstrahlende Nackenschmerzen.

In der Studie von Aebi et al. (1989) wurden als Hauptbeschwerden bei der Patientenaufnahme von 58,8 % der Patienten Nackenschmerzen angegeben.

#### 4.6 Neurologische Ausfälle bei der Aufnahme

Bei 13,1 % der Patienten in unserer Studie wurden neurologische Ausfälle festgestellt. Es handelte sich bei 16 Patienten um motorische Ausfälle, bei einem Patienten um ein sensomotorisches Defizit und bei einem weiteren Patienten um eine Sensibilitätsstörung. 25 bis 40 % der Patienten mit einer Densfraktur verstarben laut einer Studie von Cockrad et al. (1993), (Bucholz et al. 1979) noch am Unfallort, 18 bis 25 % der Patienten erlitten eine direkte neurologische Schädigung durch die Fraktur (Crockard et al. 1993).

Laut Aebi et al. (1989) zeigten sich bei zwei Patienten (11,8 %) neurologische Ausfälle. Im Falle des einen Patienten wurde ein positives Lhermitte-Zeichen und bei dem anderen eine Dysästhesie der oberen Extremitäten dokumentiert.

In der Studie von Fountas et al. (2005) wies keiner der Patienten bei der Aufnahme und im anschließenden Verlauf neurologische Defizite auf.

#### **4.7 Anzahl der Implantate im Rahmen der operativen Therapie**

Manche Autoren favorisieren die Nutzung zweier Implantate zur Densverschraubung (Apfelbaum et al. 2000, Bórm et al. 2003, ElSaghir und Böhm 2000, Etter et al. 1991, Montesano et al. 1991), da theoretisch durch eine zweite Schraube die Rotation zwischen Dens und Wirbelkörper C2 verhindert werden kann (Apfelbaum et al. 2000).

Bórm et al. (2003) berichteten über eine erhöhte Rotationsstabilität im Zuge der Verwendung zweier Schrauben vor allem bei älteren Patienten. Weiterhin empfahlen ElSaghir und Böhm (2000) zwei Schrauben mit kleinem Durchmesser zur Verbesserung der Stabilität und gleichzeitig genügend Raum für die Frakturheilungsfläche.

Dagegen sehen viele Autoren (Harrop et al. 2000, Jenkins et al. 1998, Lee et al. 2004, Morandi et al. 1999, Song et al. 2007) eine einzige Schraube als ausreichend für gute Ergebnisse an. Eine zweite Schraube erhöht aus Sicht der Autoren das Risiko für eine Fehllage der Implantate. Außerdem werde nicht genug Raum für die Frakturheilungsfläche gelassen.

Bei drei Patienten unseres Kollektivs wurden zwei Schrauben eingebracht. Diese Patienten zeigten einen instabilen Verlauf und mussten sekundär von dorsal versorgt werden. Die Anzahl der Patienten mit zwei Schrauben war in unserer Studie zu gering, um eine Aussage bezüglich der Instabilität treffen zu können.

Jenkins et al. (1998) hielt die Ergebnisse zweier Patientengruppen nach operativer Therapie von Densfrakturen fest. Die erste Gruppe (n = 20), deren mittleres Alter bei 54 Jahren lag, wurde mit einer Schraube versorgt. Die Referenzgruppe (n = 22) hatte ein mittleres Alter von 64 Jahren und wurde mit zwei Schrauben versorgt. Zwischen den Gruppen traten keine signifikanten Unterschiede in der Fusionsrate auf: Die erste Gruppe wies eine Rate von 81 % auf, die zweite Gruppe eine von 85 %. Der P-Wert lag bei 0,76.

Fountas et al. (2005) fanden ebenso keine signifikanten Unterschiede der Wirbelsäulenstabilität zwischen ihren Patientengruppen, deren Densfrakturen mit einer und mit zwei Schrauben versorgt wurden.

In diese Ergebnisse reiht sich das Resultat der Studie von Arand et al. (2001) ein, in welcher sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Einfach- und Doppelverschraubung ergaben.

In der Studie von Apfelbaum et al. (2000) wurden bei 80 % der Patienten zwei Schrauben und bei 20 % wurde eine Schraube eingebracht. Ein relevanter Unterschied ergab sich in der Fusionsrate zwischen den zwei Patientengruppen nicht.

Montesano et al. (1991) verglichen in ihrem Studienkollektiv von 14 Patienten eine Gruppe von 6 Patienten, die eine Schraube erhielten mit einer Gruppe von 8 Patienten, die mit zwei Schrauben versorgt wurden. In der Gruppe mit einfacher Verschraubung ergab sich eine Wirbelkörperperfusion in 100 % der Fälle, in der Vergleichsgruppe kam es bei zwei Patienten zur Pseudoarthrosebildung.

Auch Graziano et al. (1993) vergleicht in seiner biomechanischen Studie zwei Gruppen mit einer Schraube und mit zwei Schrauben, hier zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

#### **4.8 Begleiterkrankungen**

In unserem Patientenkollektiv zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Vorhofflimmern und Instabilität ( $p = 0,017$ ). Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass eine Herzrhythmusstörung eine Sturzursache bei älteren Menschen sein kann, was zu einer Instabilität führt.

#### **4.9 Entlassungsrichtung**

Es fallen Stabilitätsunterschiede nach der Entlassungsrichtung ( $p = 0,019$ ) auf. Der signifikante Unterschied liegt darin begründet, dass Patienten, die direkt postoperativ in die Reha verlegt worden sind, eine höhere Instabilität im Verlauf zeigten. Daher ist körperliche Schonung postoperativ äußerst empfehlenswert.

#### **4.10 Wirbelsäulenstabilität und Fusionsrate**

In der Gruppe der nachuntersuchten Patienten ( $n = 111$ ) erwies sich die HWS von insgesamt 76 Patienten unseres Studienkollektivs (68,5 %) im postoperativen Verlauf als stabil. Bei 35 Patienten (31,5 %) war aufgrund einer sekundären Instabilität in Zeitabständen von sechs Tagen bis drei Jahren (Median 7,3 Monate) eine zweite Operation notwendig. 27 Patienten (77,2 %) wurden sekundär von dorsal versorgt, vier Patienten (11,4 %) lehnten die zweite Operation ab, und vier Patienten (11,4 %) wurden erneut von ventral operiert. Das Alter der Patienten mit einer Instabilität nach der Densverschraubung lag zwischen 47 und 92 Jahren (Median 77-Jahre). Elf Patienten waren zum Operationszeitpunkt unter 70 Jahre (31,4 %) und 24 Patienten über 70 Jahre alt (68,6 %). Die dorsale Stabilisierung wurde bei elf Patienten (40,7 %) durch eine dorsale transartikuläre Verschraubung C1/C2 und bei 14 Patienten (51,9 %) durch eine dorsale Verdrahtung C1/C2 erzielt. Bei zwei Patienten (7,4 %) wurde die

dorsale Stabilisierung des kraniozervikalen Überganges durch Fixateur von okzipital bis zweiten Wirbelkörper erwirkt.

Vier Patienten (11.4 %) lehnten eine weitere Operation ab. Drei von ihnen wurden mit einer festen Halsorthese versorgt, ein Patient erschien nicht mehr zur Nachuntersuchung.

Bei vier Patienten (11.4 %) wurde eine zweite Operation von ventral in Zeitabständen von sieben Tagen bis 20 Monaten durchgeführt. In drei Fällen davon wurde die Lage der Densschraube optimiert. In einem Fall wurde wegen der Schraube wegen Bruchs ausgetauscht.

In der Literatur werden unterschiedlich hohe Fusionsraten nach der ventralen Versorgung von Densfrakturen beschrieben. In der Arbeit von Aebi et al. (1989) war bei 76.4 % der Patienten mit überwiegend Typ-II-Frakturen sowie einigen Typ-III-Frakturen keine zweite Operation notwendig. Diese Ergebnisse sind mit jenen der vorliegenden Studie vergleichbar.

In der Studie von Apfelbaum et al. (2000) wurden die Patienten in zwei Gruppen eingeteilt, je nachdem, ob sie innerhalb von 6 Monaten nach Auftreten der Fraktur operiert wurden oder nicht. Die Patienten, die innerhalb eines halben Jahres operativ versorgt wurden, wiesen eine Fusionsrate von 88 % auf. Zur zweiten Gruppe gehörten Patienten, die erst 18 Monate nach der Densfraktur operiert wurden. Hier zeigte sich lediglich eine Fusionsrate von 25 %. Eine mögliche Erklärung für die niedrigere Fusionsrate bei den später versorgten Patienten ergibt sich aus den Veränderungen der Frakturfläche durch Sklerosierung, welche die Wahrscheinlichkeit einer späteren Fusionierung verringern.

Yuan et al. (2018) berichteten in ihrer Arbeit von einer Fusionsrate über 90 % nach der ventralen Versorgung. In ihr Kollektiv wurden allerdings Patienten mit einem mittleren Alter von 42 Jahren eingeschlossen. Dadurch erklärt sich die höhere Fusionsrate in ihren Ergebnissen im Vergleich zu denen unserer Patientengruppe, welche ein Durchschnittsalter von 78 Jahren aufwies.

In der Studie von Montesano et al. (1991) betrug die Fusionsrate ca. 85,7 %. Im Falle von zwei Patienten ihres Kollektivs (14.3 %), bei denen nach Densfraktur wohl zwei Schrauben eingebracht wurden, kam es im Verlauf zu einer Instabilität der HWS, sodass sie sekundär von dorsal versorgt werden mussten. Aus Sicht der Autoren war eine vorbestehende Osteopenie ursächlich, welche sekundär zu einer Knochenatrophie führen und bei älteren Menschen eine solide Schraubenbefestigung verhindern konnte.

In der multizentrischen Studie von Falavigna et al. (2017), die sich auf 8 lateinamerikanische Wirbelsäulenzentren bezog, wurde bei 42 (55.3 %) von insgesamt 76 Patienten mit Densfrakturen eine ventrale Stabilisierung mittels einer Doppelgewindeschraube durchgeführt. Es resultierte ein instabiler Verlauf bei 3 Patienten (7.1 %), die sekundär von dorsal versorgt wurden. Hier lag die Fusionsrate aufgrund des niedrigeren Patientenalters des Kollektivs

(durchschnittliches Alter 45.3 +/- 23.54 Jahre), welche hauptsächlich durch Verkehrsunfälle (67 %) eine Densfraktur erlitten hatten, höher. Risikofaktoren für eine Pseudoarthrose nach der ventralen Versorgung von Densfrakturen waren aus Sicht der Autoren eine reduzierte Knochen trabekel, ein höherer Grad des Versatzes zwischen Dens und Wirbelkörper sowie ein größerer Abstand zwischen den dislozierten Frakturteilen.

Joestl et al. (2016) veröffentlichten 2016 eine retrospektive Studie, in der der postoperative Verlauf von älteren Patienten mit ventraler Versorgung von Typ-II-Densfrakturen mit dem Verlauf von Patienten, die mittels Halo-Fixateur versorgt worden waren, verglichen wurde. Die Autoren konnten in der Patientengruppe nach ventraler Versorgung bessere funktionelle Ergebnisse und eine höhere Fusionsrate (90 %) vermerken.

Gegenüber den hohen Fusionsraten der angeführten Studien nach der ventralen Versorgung der Densfrakturen fanden Shen et al. (2015) in einer Metaanalyse von 8 Studien zur operativen Versorgung von Densfrakturen eine höhere Fusionsrate bei der dorsalen Versorgung. In ihrer Arbeit wurden jedoch nur die Fusionsraten der 8 Studien verglichen und keine anderen Resultate beider operativen Maßnahmen.

Sawarkar et al. (2015) berichteten in ihrer Arbeit über eine Fusionsrate von 95 % nach der ventralen Versorgung einer jüngeren Patientengruppe mit mittlerem Alter von 28 Jahren. Eine Revisionsoperation erfolgte nur bei 7 % ihrer Patienten.

Die optimale Behandlung von Densfrakturen bleibt trotz mehrerer vorangehender Studien aufgrund unterschiedlicher Ergebnisse umstritten. Es konnte bisher weder eine optimale konservative noch operative Therapie gefunden werden, welche eine durch Studien nachgewiesene hohe aussagekräftige Stabilitätsrate verspricht. Die Therapie sollte stets im Einzelfall interdisziplinär in einem Spezialwirbelsäulen-Zentrum unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, Frakturtyp, Lebenserwartung und Allgemeinzustand der Patienten besprochen werden.

Die ventrale Versorgung von Densfrakturen mittels Doppelgewindeschraube bietet eine hohe Fusionsrate, geringe postoperative Komplikationen sowie eine sofortige postoperative Stabilität.

## 5 Zusammenfassung

In dieser retrospektiven Studie haben wir die Daten von 151 Patienten, die von Januar 2002 bis November 2016 in unserer Klinik aufgrund von Densfrakturen mittels Doppelgewinde-schrauben von ventral versorgt wurden, analysiert, um die Häufigkeit der sekundären Instabilität und die damit verbundenen Risikofaktoren zu ermitteln. Das Studienkollektiv setzte sich aus 63 Männern (41,7 %) und 88 Frauen (58,3 %) zwischen 12 und 95 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 78 Jahren zusammen.

Eine Nachuntersuchung erfolgte bei 111 Patienten. Postoperative Fusion konnte bei 76 Patienten radiologisch festgestellt werden. Die Fusionsrate betrug in unserer Studie 68,5 %, eine sekundäre Instabilität wurde für 35 Patienten (31,5 %) dokumentiert. 27 Patienten erfuhren eine zweite Operation von dorsal. Bei vier Patienten erfolgte eine Revisions-OP von ventral, und weitere vier Patienten lehnten eine zweite Operation ab.

Im Rahmen der statistischen Datenanalyse ergaben sich für das Alter und das Geschlecht unseres Patientenkollektivs keine signifikanten Einflüsse auf die Stabilität im Verlauf.

Besonders Frakturen des Typs IIb zeigen eine relevante Instabilität im Verlauf.

Die operative Behandlung von Densfrakturen bei älteren Menschen ist der Goldstandard der Therapie. Besonders die ventrale Versorgung empfehlen wir als primäre Behandlung von Densfrakturen des Typs II und manchen Typ-III-Frakturen.

Bei Pseudoarthrosebildung sollten gehaltene Funktionsaufnahmen durchgeführt werden, um die Stabilität im Segment C1/C2 zu beurteilen. Bei sekundärer Instabilität empfehlen wir eine zusätzliche Stabilisierung von dorsal.

Sollten neurologische Ausfälle vorliegen, ist eine MRT-Untersuchung zu ergänzen, um eine Kontusion des Rückenmarks oder traumatische Bandscheibenvorfälle auszuschließen.

Postoperativ empfehlen wir zuerst die körperliche Schonung. Die frühere Rehabilitation zeigte eine relevante Instabilitätsrate.

## 6 Literaturverzeichnis

- Aebi M, Etter C: [Ventral direct screw fixation in dens fractures]. *Der Orthopade*. 20. 147–153 (1991).
- Aebi M, Etter C, Coscia M: Fractures of the odontoid process. Treatment with anterior screw fixation. *Spine*. 14. 1065–1070 (1989).
- Anderson BLD, D'Alonzo RT, Tennessee M: Fractures of the Odontoid Process of the Axis. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. 56. 1663–1674 (1974).
- Andersson S, Rodrigues M, Olerud C: Odontoid fractures: high complication rate associated with anterior screw fixation in the elderly. *European Spine Journal*. 9. 56–59 (2000).
- Apfelbaum RI, Lonser RR, Veres R, Casey A: Direct anterior screw fixation for recent and remote odontoid fractures. *Journal of neurosurgery*. 93. 227–236 (2000).
- Arand M, Lemke M, Kinzl L, Hartwig E: Inzidenz von Komplikationen der Schraubenosteosynthese von Frakturen des Dens axis - Literaturübersicht, Ergebnisse und Management -. *Zentralblatt für Chirurgie*. 126. 610–615 (2001).
- Böhler J: Anterior stabilization for acute fractures and non-unions of the dens. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume* 64. 18–27 (1982).
- Bórm Wa, Kast Ea, Richter H-Pa, Mohr Ka, Sonntag VKHc, Benzel, Haid Jr., McCormick PCc: Anterior screw fixation in type II odontoid fractures: Is there a difference in outcome between age groups? *Neurosurgery*. 52. 1089-1092 (2003).
- Bucholz R, Burkhead W, Graham W, Petty C: Occult Cervical Spine Injuries in Fatal Traffic Accidents. *Journal of Trauma*. 19. 768-771 (1979).
- Chapman J, Smith JS, Kopjar B, Vaccaro AR, Arnold P, Shaffrey CI, Fehlings MG: The AO-Spine North America Geriatric Odontoid Fracture Mortality Study: a retrospective review of mortality outcomes for operative versus nonoperative treatment of 322 patients with long-term follow-up. *Spine*. 38. 1098–1104 (2013).
- Chi Y-L, Wang X-Y, Xu H-Z, Yan A, Ae L, Huang Q-S, Mao F-M, Ni W-F, Sheng A, Ae W, Dai L-Y: Management of odontoid fractures with percutaneous anterior odontoid screw fixation. *European Spine Journal*. 16. 1157-1164 (2007).
- Crockard HA, Heilman AE, Stevens JM: Progressive myelopathy secondary to odontoid fractures: clinical, radiological, und surgical features. *Journal of Neurosurgery*. 78. 579–586 (1993).
- EISaghir H, Böhm H: Anderson type II fracture of the odontoid process: results of anterior screw fixation. *Journal of spinal disorders*. 13. 527-30; discussion 531 (2000).
- Etter C, Coscia M, Jaberg H, Aebi M: Direct anterior fixation of dens fractures with a cannulated screw system. *Spine*. 16. S25-32 (1991).
- Eysel P, Roosen K: [Ventral or dorsal spondylodesis in dens basal fracture-a new classification for choice of surgical approach]. *Zentralblatt für Neurochirurgie*. 54. 159–165 (1993).

- Falavigna A, Righesso O, da Silva PG, Siri CR, Daniel JW, Esteves Veiga JC, de Azevedo, Gustavo Borges Laurindo, Carelli LE, Yurac R, Sanchez Chavez FA, Sfreddo E, Cecchini A, do Reis MM, Jiménez Avila JM, Riew KD: Management of Type II Odontoid Fractures: Experience from Latin American Spine Centers. *World Neurosurgery*. 98. 673–681 (2017).
- Fountas K, Kapsalaki EZ, Karampelas I, Feltes CH, Dimopoulos VG, Machinis TG, Nikolakos LG, Boev AN 3rd, Choudhri H, Smisson HF, Robinson JS.: Results of long-term follow-up in patients undergoing anterior screw fixation for type II and rostral type III odontoid fractures. *Spine*. 30. 661–669 (2005).
- Gallie WE, Turner WG: Fractures and dislocations of the cervical spine. *The American Journal of Surgery*. 46. 495–499 (1939).
- Geisler FH, Cheng C, Poka A, Brumback RJ: Anterior screw fixation of posteriorly displaced type II odontoid fractures. *Neurosurgery*. 25. 30-7; discussion 37-8 (1989).
- Graziano G, Jaggars C, Lee M, Lynch W: A comparative study of fixation techniques for type II fractures of the odontoid process. *Spine*. 18. 2383–2387 (1993).
- Greenberg MS: *Handbook of Neurosurgery. Spine Trauma*. pp. 978-980. Thieme Medical Publishers. New York (2016).
- Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, Sonntag VK: Acute axis fractures: a review of 229 cases. *Journal of neurosurgery*. 71. 642–647 (1989).
- Harms J, Melcher RP: Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine*. 26. 2467–2471 (2001).
- Harrop JS, Przybylski GJ, Vaccaro AR, Yalamanchili K: Efficacy of anterior odontoid screw fixation in elderly patients with Type II odontoid fractures. *Neurosurgical focus*. 8. e6 (2000).
- Hénaux PL, Cueff F, Diabira S, Riffaud L, Hamlat A, Brassier G, Morandi X: Anterior screw fixation of type IIB odontoid fractures in octogenarians. *European spine journal*. 21. 335–339 (2012).
- Henry AD, Orth F, Orth M, Bohly J, Grosse A: Fixation of odontoid fractures by an anterior screw. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume* 81. 472–477 (1999).
- Hölper B, Eichler M: *Kompendium. Neuro- und Wirbelsäulen Chirurgie*. pp. 196. proINN. Roseenheim (2012).
- Iyer S, Hurlbert RJ, Albert TJ: Management of Odontoid Fractures in the Elderly: A Review of the Literature and an Evidence-Based Treatment Algorithm. *Neurosurgery*. 82. 419–430 (2018).
- Jenkins JD, Coric D, Branch CL: A clinical comparison of one- and two-screw odontoid fixation. *Journal of neurosurgery*. 89. 366–370 (1998).
- Joaquim A, Patel A: Surgical treatment of Type II odontoid fractures: anterior odontoid screw fixation or posterior cervical instrumented fusion? *Neurosurgical focus*. 38. E11 (2015).
- Joestl J, Lang N, Bukaty A, Platzer P: A comparison of anterior screw fixation and halo immobilisation of type II odontoid fractures in elderly patients at increased risk from anaesthesia. *Bone and Joint Journal. British Volume* 98 (9). 1222–1226 (2016).

- Josten C, Jarvers JS, Glasmacher S, Heyde CE, Spiegl UJ: Anterior transarticular atlantoaxial screw fixation in combination with dens screw fixation for type II odontoid fractures with associated atlanto-odontoid osteoarthritis. *European Spine Journal*. 25. 2210–2217 (2016).
- Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule Teil 2: Knöcherner Verletzungen. *Der Unfallchirurg*. 113. 1030-1031 (2010)
- Keskin F, Gomleksiz C, Sasani M, Oktenoglu T, Suzer T, Ozer AF: Clinical results of anterior odontoid screw fixation for type II odontoid fractures. *Turkish Neurosurgery*. 24. 750–756 (2014).
- Knöringer P: Operative Versorgung der Densfraktur von ventral durch Doppelgewindeschrauben. Erkrankungen des zervikookzipitalen Übergangs Spondylolisthesis Wirbelsäule in Arbeit und Beruf. *Neuroorthopädie*, vol 4. In: pp. 199–206. Springer, Berlin, Heidelberg (1988).
- Lee SC, Chen JF, Lee ST: Management of acute odontoid fractures with single anterior screw fixation. *Journal of Clinical Neuroscience*. 11. 890–895 (2004).
- Leidel BA, Kanz K-G, Mutschler W: Evidenzbasiertes diagnostisches Vorgehen bei Verdacht auf stumpfes HWS-Trauma. Entwicklung eines Algorithmus. *Der Unfallchirurg*. 108. 905-6, 908-19 (2005).
- Madawi AA, Solanki G, Casey ATH, Crockard HA: Variation of the Groove in the Axis Vertebra for the Vertebral Artery. *Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume* 79. 820-823 (1997).
- Magerl F, Seemann P-S: Stable Posterior Fusion of the Atlas and Axis by Transarticular Screw Fixation. In *Cervical Spine I*, Vienna: Springer Vienna, 322-27. (1987).
- Matschke S, Wendl K, Gruetzner PA, Hogan A, Kreinest M: Densfraktur mit begleitender traumatischer atlantoaxialer Instabilität. *Trauma und Berufskrankheit*. 18. 281–288 (2016).
- Meyer C, Oppermann J, Meermeyer I, Eysel P, Müller LP, Stein G: Therapiekonzept und Outcome bei Typ-II-Frakturen des Dens axis. *Der Unfallchirurg*. 121. 397–402 (2018).
- Montesano P, Anderson P, Schlehr F, Thalgott J, Lowrey G: Odontoid fractures treated by anterior odontoid screw fixation. *Spine*. 16. S33-7 (1991).
- Morandi X, Hanna A, Hamlat A, Brassier G: Anterior screw fixation of odontoid fractures. *Surgical neurology*. 51. 236–240 (1999).
- Moskopp D, Wassmann H: *Neurochirurgie. Traumatische Läsionen am Kraniozervikalen Übergang*. pp. 945. Schattauer GmbH. Stuttgart (2015).
- Osterhoff G, Schnake K, Scheyerer MJ, Ullrich BW, Hartmann F, Franck A, Koepp H, Reinhold M, Schmeiser G, Sprengel K, Zimmermann V, Siekmann H, Badke A, Gebhard H, Täubel KC, Grüniger S, Verheyden AP, Schleicher P, Spiegl UJA: Empfehlungen zu Diagnostik und Behandlung von Frakturen des Dens axis bei geriatrischen Patienten. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* (2019).
- Paulsen F, Waschke J (eds.): *Sobotta Atlas of human anatomy. Cervical Vertebrae*. pp. 50-52. Vol. 15th ed., [English version with Latin nomenclature]. Elsevier/Urban & Fischer. München (2011).

- Sawarkar DP, Singh PK, Siddique SA, Agrawal D, Satyarthee GD, Gupta DK, Sinha S, Kale SS, Sharma BS: Surgical management of odontoid fractures at level one trauma center: a single-center series of 142 cases. *Neurology India*. 63. 40–48 (2015).
- Schatzker J, Rorabeck CH, Waddell JP: FRACTURES OF THE DENS [ODONTOID PROCESS]. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. British volume. 53-B. 392–405 (1971).
- Shen Y, Miao J, Li C, Fang L, Cao S, Zhang M, Yan J, Kuang Y: A meta-analysis of the fusion rate from surgical treatment for odontoid fractures: anterior odontoid screw versus posterior C1–C2 arthrodesis. *European Spine Journal*. 24. 1649–1657 (2015).
- Song K-J, Lee K-B, Kim K-N: Treatment of odontoid fractures with single anterior screw fixation. *Journal of clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*. 14. 824–830 (2007).
- Sonntag VK, Hadley MN: Nonoperative management of cervical spine injuries. *Clinical neurosurgery*. 34. 630–649 (1988).
- Wright NM: Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. *Journal of Spinal Disorders and Techniques*. 17. 158–162 (2004).
- Yuan S, Wei B, Tian Y, Yan J, Xu W, Wang L, Liu X: The comparison of clinical outcome of fresh type II odontoid fracture treatment between anterior cannulated screws fixation and posterior instrumentation of C1-2 without fusion: a retrospective cohort study. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 13. 3 (2018).

## 7 Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Raimund Firsching, Direktor der Klinik für Neurochirurgie der Universitätsklinik Magdeburg, für die Überlassung des Themas und für die Motivation.

Bedanken möchte ich mich überdies bei Herrn PD Dr. med. habil Michael Luchtmann, Oberarzt der Klinik für Neurochirurgie der Universitätsklinik Magdeburg, für die nette Betreuung und die fachliche Unterstützung.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Dr. rer. nat. Friedrich Wilhelm Röhl und Frau Dipl.- Math Lux vom Institut der Biometrie der Universitätsklinik Magdeburg für die Unterstützung/Beratung während der statistischen Analyse meiner Daten.

Auch meiner Familie möchte ich für den motivierenden Zuspruch meinen Dank aussprechen.

Schließlich möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Klinik für Neurochirurgie der Universitätsklinik Magdeburg für das angenehme Arbeitsklima und die Unterstützung bedanken.

## 8 Ehrenerklärung

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

### **Häufigkeit der sekundären Instabilität nach ventraler Versorgung der Densfrakturen mittels Doppelgewindeschrauben.**

in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie

mit Unterstützung durch das Institut für Biometrie und medizinische Informatik (IBMI)  
der Universität Magdeburg

ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Ludwigsburg, den 17.02.2020

Elnewihi

## **9 Erklärung zur strafrechtlichen Verurteilung**

Ich erkläre hiermit, nicht wegen einer Straftat verurteilt worden zu sein,

die Wissenschaftsbezug hat.

Ludwigsburg, den 17.02.2020

Elnewihi

## 10 Lebenslauf

### Persönliche Angaben

Geburtsdatum: 10. Januar 1986 in Alexandria – Ägypten  
Nationalität: Ägyptisch  
Familienstand: Verheiratet, 2 Kinder  
1994 bis 2002 Gymnasium „Shobrakheit secondary school“ in Ägypten,  
Note: sehr gut

### Studium

**2002 bis 2008 Medizinstudium**  
Universität Alexandria – Ägypten  
Abschluss: sehr gut

### Approbation

**2014** Deutsche Approbation  
Ärztchamber Hannover

### Facharzt

**2019** Facharzt für Neurochirurgie  
Ärztchamber Baden-Württemberg

### Berufliche Tätigkeiten

**Seit 10.2019 Facharzt für Neurochirurgie**  
Zentrum für Neurochirurgie  
Klinikum Ludwigsburg/Heilbronn.

**07.2018 bis 10.2019 Assistenzarzt Neurochirurgie**  
Zentrum für Neurochirurgie  
Klinikum Ludwigsburg/Heilbronn.  
Klinikdirektor: Prof. Dr. med. Oliver Sakowitz

- Stationsdienst
- Vordergrunddienst
- Operative Ausbildung

- Teilnahme an internen Fortbildungen
- Teilnahme an interdisziplinärer Tumorkonferenz

**01. bis 07 2018 Assistenzarzt Neurochirurgie**

Medizinische Hochschule Hannover

Klinik für Neurochirurgie

Klinikdirektor Prof. Dr. med. Joachim Krauss

- Stationsdienst
- Operative Ausbildung
- Teilnahme an internen Fortbildungen
- Teilnahme an interdisziplinärer Tumorkonferenz

**2016 bis 2017 Assistenzarzt Neurochirurgie**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Universitätsklinikum Magdeburg A. ö. R.

Klinik für Neurochirurgie

Klinikdirektor Prof. Dr. med. R. Firsching

- Stationsdienst
- Vordergrunddienst
- Operative Ausbildung
- Neurochirurgische Sprechstunde
- Intensivstation mit 10 Beatmungsbetten
- Teilnahme an wöchentlichen internen Fortbildungen
- Teilnahme an interdisziplinärer Tumorkonferenz

für 2019 geplante Promotion mit dem Thema:

*Sekundäre Instabilität nach ventraler Versorgung der Densfraktur mittels Doppelgewindeschrauben:*

**2014 bis 2015 Assistenzarzt Neurochirurgie**

Ludmillenstift Krankenhaus, Meppen

Chefarzt der Neurochirurgie und Wirbelsäulenzentrum

PD. Dr. med. Christoph Albrecht Tschan

- Stationsdienst
- Vordergrunddienst

- Operative Ausbildung

**2012 bis 2013****Assistenzarzt Neurologie**

Ludmillenstift Krankenhaus, Meppen

Chefarzt PD. Dr. med. Andreas Wellmer

- Selbstständige Stationsarbeit auf der Normalstation und Stroke-Unit
- Diagnostik und Therapie in der Neurologie
- Teilnahme an den Abteilungsbesprechungen der Neurologie und der Frührehabilitation
- Vordergrunddienst

**Publikation**

- Häufigkeit der sekundären Instabilität nach ventraler Versorgung der Densfrakturen.
- Ärzteblatt Sachsen-Anhalt. Ausgabe Juni 2019
- <https://www.aerzteblatt-sachsen-anhalt.de/ausgabe/fachartikel/556-fachartikel-06-2019/2710-haeufigkeit-der-sekundaeren-instabilitaet-nach-ventraler-versorgung-der-densfrakturen.html>

**Praktika****02/2012 bis 05/2012: Praktikum in der neurochirurgischen Klinik**

Universitätsklinikum Heidelberg

Klinikdirektor Prof. Dr. med. Andreas Unterberg

**Inhalte:**

- Teilnahme an der täglichen Visite
- Beobachtung der neurochirurgischen Prozeduren
- Beobachtungen im OP-Saal
- Teilnahme an Abteilungsbesprechungen

**08/2012 bis 11/2011: Praktikum in der neurologischen Abteilung**

Marien Hospital, Euskirchen

Chefarzt: Dr. med. Hartmut Bauer

**Inhalte:**

- Teilnahme an der täglichen Visite
- Beobachtung der neurochirurgischen Prozeduren

- Beobachtungen im OP-Saal
- Teilnahme an Abteilungsbesprechungen

**03/2009 bis 03/2010: Praktisches Jahr**

Alexandria Universität, Ägypten

Inhalte:

- Krankenhausbetriebslehre, Ökonomie des Gesundheitswesens, betriebliches Rechnungswesen, Recht, Qualitätsmanagement, Personalmanagement, Controlling im Krankenhaus, Kommunikation/Moderationstechniken/ Mitarbeitergespräche, Marketing/Verhandlungsmanagement, Seminar „Ausgewählte Fragen des Krankenhausmanagements“, Business English, Unternehmensführung, Informationsmanagement, Projektmanagement, Prozessmanagement, Internationalisierung: Gesundheitssysteme und Gesundheitspolitik wie z. B. in skandinavischen Ländern, in den Niederlanden, in der Schweiz, in Deutschland und in den USA

**Zusatzqualifikationen****2014****Strahlenschutzkurs Teil 1**

Zertifikatsinhalte:

Strahlenschutz-Grundkurs nach Röv und StrlschV, einschließlich Unterweisung nach Röv (Theorie und Praxis) und nach StrlschV (Theorie)

**2017****18. Deutscher Midas Rex Workshop**

Zertifikatsinhalte:

Trainingsprogramm Highspeed Bohrsysteme bei Medtronic

**Mitgliedschaften**

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC)

Marburger Bund – Hannover

Ärztekammer Baden-Württemberg

**Fortbildungen**

2013

8. Hamburger Neuro-Ultraschall-Tage.

2017

Grundbasis der Statistik.

- 2018 Grundlagen des Risikomanagements und der Patientensicherheit.
- 2018 Neurochirurgie Akademie, Leimen.
- 2019 Jahrestagung Sektion der Mikrochirurgie und Neuroanatomie (SMCNA, Uniklinik Frankfurt.
- 2019 Notarzkurs.

### **Aktuelle Vorträge**

- 68. Jahrestagung der deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie 2017, Magdeburg: Long-term Follow-up in Patients undergoing Anterior Screw Fixation for Odontoid fractures.
- 69. Jahrestagung der deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie 2018, Münster: Incidence und Outcome of neurological impairments in patients with Odontoid fractures. (geplant)
- Sektion Mikrochirurgie und Neuroanatomie 2019, Frankfurt am Main (SMCNA 2019): Intraoperatives MRT (ioMRT) mit dualer Nutzung: die Erfahrungen der ersten 100 Patienten.
- 70. Jahrestagung der deutschen Gesellschaft der Neurochirurgie 2019, Würzburg: Comparison of clinical outcomes between two age groups after conservative und operative treatment of odontoid fractures.

### **EDV-Kenntnisse**

Microsoft Office (sehr gut)  
SAP  
Orbis  
Medico  
SPSS (sehr gut)

### **Sprachkenntnisse**

Arabisch (Muttersprache)  
Deutsch (fließend in Wort und Schrift)  
Englisch (fließend in Wort und Schrift)  
Französisch (Grundlagen)

Ludwigsburg, 17.02.2020

Ahmed Elnewihi