

**Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Transplantations-, Gefäß- und Kinderchirurgie**

**der Universität Würzburg**

**Direktor: Professor Dr. med. C.-T. Germer**

# **Distale Radiusfrakturen im Kindesalter**

**Inauguraldissertation**

**zur Erlangung der Doktorwürde der**

**Medizinischen Fakultät**

**der**

**Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von**

**Rebecca Clara Schill**

**aus Heidelberg**

**Konstanz, April 2019**

**Referent:** Prof. Dr. Thomas Meyer  
**Koreferent/Koreferentin:** Prof. Dr. Thorsten Bley  
**Dekan:** Prof. Dr. Matthias Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung:** 24.07.2020

**Die Promovendin ist Ärztin**

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>6</b>
1.1 Zielsetzung .....	6
1.2 Hintergrund .....	6
1.3 Epidemiologie .....	6
1.4 Besonderheiten von Frakturen im Kindesalter .....	7
1.5 Klassifikation der Frakturen .....	9
1.6 Therapie distaler Radiusfrakturen im Kindesalter .....	16
1.6.1 Konservative Therapie .....	17
1.6.2 Operative Therapie .....	17
1.6.3 Notwendigkeit von Röntgenkontrollen .....	20
1.7 Mögliche Komplikationen .....	20
<b>2 Material und Methoden .....</b>	<b>22</b>
2.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien .....	22
2.2 Datenerfassung .....	23
<b>3 Ergebnisse .....</b>	<b>24</b>
3.1 Epidemiologische Untersuchung: .....	24
3.1.2 Altersverteilung: .....	24
3.1.3 Geschlechterverteilung .....	25
3.1.1 Betroffener Arm .....	25
3.1.2 Unfallmonate .....	26
3.1.3 Aufnahmeuhrzeit .....	27
3.1.4 Unfallszenarien .....	28
3.1.5 Unfallmechanismus .....	29
3.1.6 Frakturarten .....	30
3.1.7 Betroffene Knochen .....	31

---

3.1.8	Häufigkeit dislozierter und nicht-dislozierter Frakturen .....	31
3.1.9	Dislokationsrichtung .....	32
3.1.10	Frakturlokalisierung .....	33
3.1.11	Begleitverletzungen.....	34
3.2	Untersuchung von Therapie und Komplikationen .....	35
3.2.1	Zeitpunkt der primären Versorgung .....	35
3.2.2	Häufigkeit der primär gewählten Therapie .....	36
3.2.3	Wahl der primären Therapie in den letzten 11 Jahren.....	37
3.2.4	Anwendungshäufigkeit der Reposition in Vollnarkose .....	37
3.2.5	Häufigkeit der sekundären Dislokation insgesamt .....	38
3.2.6	Erkennungszeitpunkt der sekundären Dislokation .....	38
3.2.7	Häufigkeit der sekundären Dislokation nach Jahren.....	39
3.2.8	Notwendigkeit einer sekundären und/oder tertiären Therapie .....	40
3.2.9	Sekundäre Dislokation in Abhängigkeit der primären Therapie .....	41
3.2.10	Sekundäre Dislokation in Abhängigkeit des Alters.....	41
3.2.11	Anzahl stationärer Tage in Abhängigkeit der Therapie .....	42
3.2.12	Anzahl an Röntgenaufnahmen in Abhängigkeit der Therapie.....	43
3.2.13	Anzahl stationärer Tage bei sekundärer Dislokation.....	44
3.2.14	Anzahl an Röntgenbilder bei sekundärer Dislokation .....	45
3.2.15	OP-Zeiten in Abhängigkeit der Therapieform.....	46
3.2.16	Dislokationsausmaß bei sekundärer Dislokation .....	46
3.2.17	Dislokationsausmaß mit und ohne sekundäre Dislokation.....	49
3.3	Therapieergebnisse .....	51
3.3.1	Ruhigstellung ohne Reposition: .....	52
3.3.2	Ruhigstellung mit Reposition.....	54
3.3.3	Osteosynthese .....	55
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>70</b>
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>72</b>

---

<b>9</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>73</b>
<b>10</b>	<b>Lebenslauf</b> .....	Fehler! Textmarke nicht definiert.

## **1 Einleitung**

### **1.1 Zielsetzung**

Die vorliegende Arbeit stellt eine retrospektive Studie mit Fokus auf Ätiologie, Epidemiologie, Therapie, Komplikationen und Outcome der distalen Radiusfraktur im Kindesalter dar. Sie soll eine objektive Betrachtung der Therapiestrategien und Therapieergebnisse in der Kinderchirurgischen Abteilung des Uniklinikums Würzburg ermöglichen. Dafür erfolgte die detaillierte Analyse von 418 Fällen distaler Radiusfrakturen über einen Zeitraum von 12 Jahren.

### **1.2 Hintergrund**

Die distale Radiusfraktur stellt eines der häufigsten Traumata im Kindesalter dar. Somit hat die optimale Versorgung dieser Verletzung einen hohen Stellenwert. Vor Allem die Möglichkeit der minimalinvasiven, kindgerechten osteosynthetischen Behandlung hat das Therapieregime in den letzten Jahren geprägt. Der Anteil operativ behandelte Frakturen hat zugenommen [1, 2] und doch gilt die konservative Versorgung für viele weiterhin als Goldstandard [3, 4]. Daher lohnt der Blick auf mögliche Veränderungen, die die neuen Therapiestrategien im klinischen Alltag der Versorgung distaler Radiusfrakturen mit sich gebracht haben.

### **1.3 Epidemiologie**

Das Risiko eines Kindes eine Fraktur zu erleiden wird auf etwa 30-45 % geschätzt [5, 6]. Distale Radiusfrakturen stellen dabei mit 40% aller knöchernen Verletzungen die häufigste Fraktur des Kindes dar [5]. Dabei stehen Verletzungen der Metaphyse im Vordergrund [7]. Jungen sind mit einem Verhältnis von etwa 1,3:1

häufiger betroffen als Mädchen [6, 8]. Am Häufigsten entstehen solche Verletzungen beim Sport, dicht gefolgt von häuslichen Unfällen oder Unfällen auf dem Spielplatz [6]. Die höchste Inzidenz zeigt sich in einem Alter von 8-12 Jahren [9].

#### **1.4 Besonderheiten von Frakturen im Kindesalter**

Ein offensichtlicher Unterschied zwischen dem erwachsene und dem kindlichen Skelett ist der Umstand, dass sich kindliche Knochen noch im Wachstum befinden. Dies bedingt Unterschiede bezüglich der Anatomie und im Hinblick auf die physikalischen Eigenschaften des kindlichen Knochens. Dieser weist eine enorme Elastizität auf, das Periost ist stabil und widerstandsfähig [10]. Das Wachstum eines Knochens findet an zwei unterschiedlichen Orten des statt: im Bereich der Epiphysenfuge verlängert sich der Knochen, man spricht hier vom Längenwachstum. Im Bereich des Periosts nimmt der Knochen an Dicke zu, dies bezeichnet man als Dickenwachstum [10]. Beim Erwachsenen ist das Längenwachstum abgeschlossen, außerdem ist der Knochen nicht mehr so elastisch wie beim Kind. Es sei hier jedoch erwähnt, dass auch ohne Wachstumsvorgänge ein ständiger Umbau der Knochensubstanz stattfindet, um sich an aktuelle Belastungen bzw. Krafteinwirkungen anpassen zu können. Osteoklasten sorgen für den Abbau von Knochen, Osteoblasten für den Aufbau [10].

Je nach Alter des jungen Patienten heilen Frakturen beim Kind schneller als beim Erwachsenen [11, 12]. Des Weiteren besteht ein höheres Korrekturpotential etwaiger Fehlstellungen je jünger der Patient ist [13]. Durch die stetigen strukturellen Veränderungen, die das anhaltende Wachstum des Knochens mit sich bringt, können somit auch größere Achsfehler mit der Zeit korrigiert werden [11]. Entscheidender Faktor ist hier wie gesagt das Alter des Patienten. Außerdem spielen der betroffene Knochen und natürlich das Ausmaß der Achsfehlstellung eine Rolle [12]. Verbleibende Achsfehler nach Therapieabschluss können zu Bewegungseinschränkungen führen. So stören Achsabweichungen  $>15^\circ$  z.B. die Pronations-/Supinationsbewegung [9]. Insbesondere ab einem Alter  $>10$  Jahren nimmt die körpereigene Korrekturfähigkeit ab. So werden die Therapieergeb-

nisse bei unzureichender therapeutischer Korrektur der Achsabweichung ungenügend [14-17]. Die Korrektur einer bestehenden Achsfehlstellung wird auch Remodelling genannt. Möglich wird das durch periostalen und endostalen An- bzw. Abbau, welcher dem Druck, der auf den Knochen wirkt, folgt [13]. Bei einer seitlichen Dislokation geht man von der Möglichkeit der vollständigen Korrektur aus, Verlängerungen, also eine **Dislocatio ad longitudinem cum distractione** können dagegen nicht kompensiert werden [16].

Die folgende Tabelle soll eine Übersicht, über den Zusammenhang zwischen Alter und möglichem Korrekturpotential geben:

Tabelle 1: Übersicht des Altersabhängigen Korrekturpotentials, vgl. [18]

Alter	Korrekturgrenzen
< 5 Jahre:	bis zu 50° Achsabweichung
10-12 Jahre:	bis zu 30° Achsabweichung, seitliche Dislokation bis ½ Schaftbreite
> 12 Jahre:	< 10° Achsabweichung, seitliche Verschiebung bis zu ¼ Schaftbreite

Rotationsfehler haben eine Sonderstellung: nach dem 5. Lebensjahr ist hier kein Korrekturpotential mehr zu erwarten [13].

Kinder mit offenen Epiphysenfugen haben jedoch nicht nur den Vorteil eines möglichen Remodellings, es drohen auch mögliche Komplikation im Sinne von Wachstumseinschränkungen, wenn eine Fraktur die Epiphyse als Ort des Längenwachstums betrifft [11].

Des Weiteren bedingen die besonderen Eigenschaften des kindlichen Knochens auch ganz eigene Frakturformen [10]. Diese sollen im nächsten Abschnitt erläutert werden.

## **1.5 Klassifikation der Frakturen**

Eine mögliche Einteilung der Fraktur bietet der Unfallhergang. So unterscheidet man Extensions- von Flexionsfrakturen [7]. Die Extensionsfraktur des distalen Radius macht mit etwa 25 % die häufigste Fraktur des Menschen aus. Dabei stürzt der Betreffende auf das dorsal flektierte Handgelenk. Der Krafteinwirkung folgend, wird das frakturierte Knochenfragment nach dorsal und radial verschoben [19]. Die sogenannte Flexionsfraktur ist weitaus seltener. Hier erfolgt ein Sturz auf das nach palmar flektierte Handgelenk. Das frakturierte Knochenfragment wird in diesem Fall nach palmar verschoben [19, 20]. Die Einteilung in Extensions- bzw. Flexionsfraktur gibt also die Richtung der Gewalteinwirkung und die Richtung der Dislokation des abgesprengten Fragmentes wider [7].

Des Weiteren lassen sich offene von geschlossenen Frakturen unterscheiden. Bei den offenen Frakturen werden wiederum je nach Verletzungsausmaß 4 Grade unterschieden:

Tabelle 2: Klassifikation der offenen Fraktur, vgl. [21, 22]

Grad I	Durchspießung der Haut, geringer Weichteilschaden, geringe bakterielle Kontamination.  Wunde < 1 cm
Grad II	Eröffnung der Haut von außen, größerer Weichteilschaden, mittelschwere bakterielle Kontamination  Wunde > 1 cm
Grad III	Große offene Wunde, ausgedehnter Weichteilschaden, Gefäß- und Nervenverletzungen, starke Kontamination
Grad IV	Totale bzw. subtotale Amputation

Wie oben beschrieben, bedingen die Besonderheiten des kindlichen Skeletts das Auftreten von Frakturformen, die beim Erwachsenen so nicht vorkommen. Sogenannte Wulstfrakturen zeichnen sich durch Stauchung des Knochens ohne Kontinuitätsverlust aus [7]. In der Röntgenaufnahme zeigt sich ein „Wulst“ an der Stelle an der die Knochensubstanz durch Stauchung verdichtet wurde. Der stabile Periostschlauch bleibt intakt [10]. Diese Fraktur ist typischerweise im Bereich der Metaphyse zu finden [23, 24].

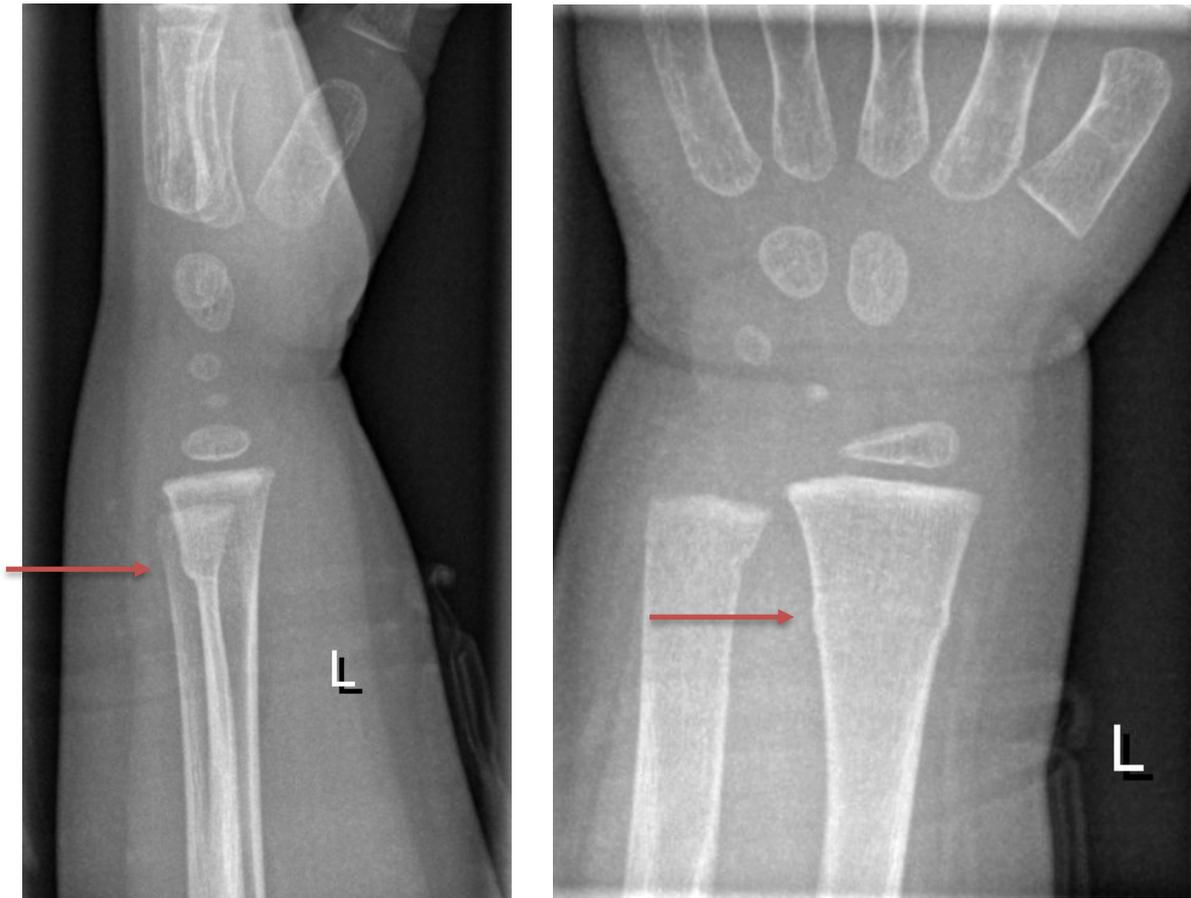


Abbildung 1: Wulstfraktur

Grünholzfrakturen treten dagegen eher im Bereich der Diaphyse, d.h. im Bereich des Knochenschaftes auf [23, 24]. Hier hat man es mit einer biegenden Gewalt einwirkung zu tun. Grünholzfrakturen zeichnen sich dadurch aus, dass der Knochen geknickt bzw. gebogen wird und der Periostschlauch dabei meist erhalten bleibt [24]. Die Kortikalis frakturiert auf der konvexen Seite des Bruches vollständig, auch das Periost kann bei einem starken biegenden Moment einreißen. Auf der konkaven Seite dagegen bleibt die Kortikalis intakt oder wird nur unvollständig durchtrennt, das Periost bleibt vollständig [22, 25]. Diese Bruchform erinnert an das Bruchverhalten grüner, junger Zweige. Daher rührt der Name Grünholzfraktur [10].



Abbildung 2: Grünholzfraktur

Frakturen im Bereich der Wachstumsfuge werden nach Aitken bzw. Salter-Harris eingeteilt. Bei Beteiligung der Epiphysenfuge, insbesondere des Stratum germinativum, sind Wachstumsstörungen möglich [10, 25]. Besonders gefährdet hiervon sind Frakturen vom Typ Aitken II und III. Gelingt hier keine adäquate Reposition und kommt es zur Bildung eines Kallus im Bereich der Fuge, kann dies einen partiellen Verschluss der Wachstumsfuge und damit einen Stopp des Längenwachstums in diesem Bereich bedingen [16].

Tabelle 3: Einteilung nach Aitken bzw. Salter-Harris, vgl. [10, 16]

Salter-Harris 1	Aitken „0“	Epiphyseolyse
Salter-Harris 2	Aitken 1	Epiphyseolyse mit Absprengung eines metaphysären Fragments
Salter-Harris 3	Aitken 2	Epiphyseolyse mit Absprengung eines epiphysären Fragments
Salter-Harris 4	Aitken 3	Absprengung eines Fragmentes aus Epiphyse und Metaphyse
Salter-Harris 5		Stauchung der Epiphysenfuge



Abbildung 3: Aitken-1-Fraktur vor Therapie

Intraartikuläre Frakturen sind bei Kindern aufgrund der speziellen Eigenschaften des Knochens sehr selten [4] und werden daher hier nicht näher behandelt.

Des Weiteren lassen sich mehrere Dislokationstypen unterscheiden:

Von der **Dislocatio ad latus** spricht man bei einer seitlichen Verschiebung des frakturierten Fragments. Die **Dislocatio ad axim** beschreibt einen durch den Bruch herbeigeführten Fehler in der Knochenlängsachse. Bei einer Verdrehung um die Längsachse spricht man von einem Rotationsfehler [16, 26].



Abbildung 5: Aitken-1-Fraktur nach Kirschnerdrahtosteosynthese



Abbildung 4: Aitken-1-Fraktur nach Entfernung des Osteosynthesematerials



Abbildung 6: Zustand nach Entfernung des Osteosynthesematerials

## 1.6 Therapie distaler Radiusfrakturen im Kindesalter

Generell kann unterschieden werden zwischen einer konservativen und einer operativen bzw. osteosynthetischen Therapie. Bei der Entscheidungsfindung für das passende Therapieverfahren sollten immer Alter, Gewicht, Größe des Patienten, sowie natürlich Art, Lokalisation und Schweregrad der Verletzung herangezogen werden [2]. Auch den Wünschen des Patienten bzw. der Eltern ist Beachtung zu schenken. Ist zur Reposition eine Vollnarkose bzw. eine Blockanästhesie notwendig, so sollte auch erwogen werden, die reponierte Position durch das Einbringen von Kirschner-Drähten zu fixieren [27].

### 1.6.1 Konservative Therapie

Die konservative Therapie liefert nach wie vor zufriedenstellende Ergebnisse. Voraussetzung ist die richtige Indikationsstellung [9].

Für eine konservative Therapie eignen sich Frakturen mit folgenden Eigenschaften:

- nicht-disloziert
- unvollständig
- stabil (d.h. ohne Dislokationstendenz)
- Anatomiegerechte Achsstellung bzw. geringe Fehlstellung [9, 28].

Im Rahmen einer konservativen Therapie wird die Fraktur mit Hilfe eines Gipsverbandes ruhiggestellt. Ist eine Reposition notwendig, sollte diese unter Narkose im OP-Saal stattfinden. Dies macht bei eventuellem Misserfolg einen schnellen Therapiewechsel möglich. Danach erfolgt die Anlage eines Oberarmgipses [9].

### 1.6.2 Operative Therapie

Eine operative Vorgehensweise wird bei Frakturen mit den folgenden Merkmalen empfohlen:

- vollständige Frakturen
- instabile Frakturen
- erhebliche Fehlstellung
- grob dislozierte Frakturen
- primär konservativ behandelte Frakturen mit unbefriedigendem Ergebnis
- offene Frakturen [4, 9, 28]

Standardmethode bei metaphysären Frakturen, Epiphyseolysen und Epiphysenfrakturen ist die minimalinvasive Kirschner-Draht-Osteosynthese. Hierbei wird die Fraktur zunächst unter Narkose reponiert, dann werden 0,5-2 mm dicke Drähte unter radiologischer Kontrolle in den Knochen eingebracht, um die Fraktur zu

stabilisieren [2, 29]. Dabei sollten 1-2 der eingebrachten Drähte die Fraktur kreuzen [7]. Es sind nur kleine Hautinzisionen notwendig um die Drähte einzubringen. Insgesamt zeichnet sich diese Vorgehensweise durch ihre geringe Invasivität aus. Die Drähte können nach etwa 6 Wochen entfernt werden. Nach dem erfolgreichen Einbringen der Drähte ist auch hier die Anlage eines Gipses notwendig, da keine Übungsstabilität besteht [2]. Hier wird allerdings im Gegensatz zur rein konservativen Therapie in der Regel ein Unterarmgips angelegt [28].



Abbildung 7: Kirschnerdrahtosteosynthese

Im Falle von Quer-Frakturen im Bereich der Diaphyse bzw. Unterarmschaftfrakturen wird die elastisch-stabile-intramedulläre Nagelung (ESIN) eingesetzt. Man spricht hier auch von der Prevotnagel-Osteosynthese. Auch diese Vorge-

hensweise stellt ein minimalinvasives Osteosyntheseverfahren dar [18]. Es werden Titan- oder Stahlnägel in den Markraum des frakturierten Knochens eingebracht und unter radiologischer Kontrolle über den Bereich der Fraktur hinweg vorgeschoben. Auch hier ist zum Einbringen des Osteosynthesematerials nur eine kleine Hautinzision notwendig [18]. Nach dieser Art der Osteosynthese reicht ein flexibler Verband. Eine Ruhigstellung im Gips ist nicht notwendig, da Belastungsstabilität gegeben ist [18].



Abbildung 8: Prevotnagelosteosynthese

Eine weitere osteosynthetische Therapieoption ist der Fixateur-externe, welcher im Falle von erheblichen Weichteilschäden eingesetzt wird [2]. Auf die letztgenannte Methode soll hier nicht näher eingegangen werden, da diese in der Studie bei keinem der untersuchten Fälle Anwendung fand

### 1.6.3 Notwendigkeit von Röntgenkontrollen

Bei vollständigen Frakturen und einer konservativen Therapie wird empfohlen nach 1 Woche und zum Zeitpunkt der erwarteten Konsolidierung eine Röntgenaufnahme anzufertigen [18].

Im Falle einer osteosynthetischen Therapie sollte nach Reposition im OP eine Röntgen-Kontrolle erfolgen, sowie 1 Woche nach Therapie und zum erwarteten Konsolidierungszeitpunkt [18]. Diese Röntgenkontrollen dienen dem Ausschluss einer sekundären Dislokation und der Sicherstellung einer Konsolidierung [9].

Am Uniklinikum Würzburg wird bei dislozierten Frakturen in der Regel ein Röntgenbild am Tag der Aufnahme, eines am Tag 5-7 nach Therapie, und eines nach 4 Wochen aufgenommen. Bei osteosynthetischen Verfahren wird nach der Metallentfernung, also Wochen bis Monate nach der primären Therapie nochmals eine Aufnahme angefertigt. Bei nicht-dislozierten Frakturen bleibt es meist bei der ersten Röntgenaufnahme am Aufnahmetag.

## 1.7 Mögliche Komplikationen

Generell sind bei Frakturen Komplikationen wie Achsfehlstellung nach Therapieabschluss, verzögerte Heilung, ausbleibende Heilung, erneute Fehlstellung bei sekundärer Dislokation der Fraktur, sowie Refrakturen möglich [22, 28]. Bei kindlichen Frakturen kann es außerdem bei Beteiligung der Epiphysenfuge zu Wachstumsstörungen kommen [28]. Eine Refraktur bezeichnet eine erneute Fraktur im Bereich des alten Bruchs [16].

Besteht die Therapie aus einem operativen Eingriff, ist mit Komplikationen wie Infektionen, Nervenverletzungen, Gefäßverletzungen und natürlich Komplikationen durch die Narkose zu rechnen [16]. Bei einer Kirschner-Draht-Osteosynthese kann es außerdem zum sogenannten Implantatversagen kommen. Das bedeutet, dass die Drähte ihre Funktion nicht mehr erfüllen, da sie z.B. vom Ort der Einbringung weg gewandert sind. Dies ist jedoch sehr selten. Infektionen treten nur in 2% der Fälle, Osteonekrosen bei 2,5 % der Patienten auf. Nervenläsionen werden mit einer Häufigkeit von 15% beziffert und erfordern bei Verdacht eine sofortige Revision [2].

Die sekundäre Dislokation ist eine der häufigsten Komplikationen bei Unterarmfrakturen im Kindesalter [30]. Eine sekundäre Dislokation tritt in bis zu 11-39 % der behandelten Unterarm- bzw. distalen Radiusfrakturen auf [30, 31]. Risikofaktoren stellen eine initiale Dislokation des Bruches und eine anatomisch nicht einwandfreie Reposition dar [30-33]. Auch wiederholte Repositionsversuche erhöhen das Risiko der sekundären Dislokation [34]. Des Weiteren spielt die richtige Anwendung des Gipses eine Rolle [30]. Die Stabilisierung des Repositionsergebnisses durch das Einbringen von Kirschner-Drähten minimiert das Risiko einer sekundären Dislokation [35]. Im Falle einer kompletten Unterarmfraktur tritt die sekundäre Dislokation häufiger auf, als bei isolierten Radiusfrakturen mit 32 % gegenüber 13,3 % [36]. Das Ausmaß der initialen Fehlstellung korreliert mit dem Risiko der sekundären Dislokation: so haben komplett dislozierte Frakturen ein deutlich höheres Risiko als solche ohne Translation oder Achsfehlstellung [37]. Es ist jedoch auch zu erwähnen, dass nicht alle Fälle einer sekundären Dislokation eine erneute Therapie erfordern [37]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass komplett dislozierte Frakturen, mit einer Achsfehlstellung  $> 10^\circ$ , sowie Frakturen, die nicht anatomisch korrekt oder mehrfach reponiert wurden, besonders gefährdet sind [37, 38].

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien

In die vorliegende Studie wurden Patienten im Alter von 0-16 Jahren aufgenommen, die sich im Zeitraum vom 01.01.2006 – 31.12.2017 eine distale Radiusfraktur zugezogen hatten. Als distal galt eine Fraktur dabei, sobald sie im Bereich der distalen Diaphyse des Radius und körperferner zu finden war. Es wurde besonderer Wert daraufgelegt, dass die Behandlung des jeweiligen Kindes komplett im Uniklinikum Würzburg stattfand. Die primäre Therapie, also Reposition, Gipsanlage oder auch Osteosynthese durfte nicht ex domo erfolgt sein. Somit wurden auch Patienten, bei denen ausschließlich eine Zweitmeinung oder Mitbeurteilung eingeholt werden sollte, ausgeschlossen. Patienten, die nach der Erstuntersuchung ohne primären Therapieversuch in das Uniklinikum weiterverlegt wurden, wurden eingeschlossen. Auch auf Qualität und Vollständigkeit der Röntgenaufnahmen wurde besonders geachtet. Patienten ohne verwertbares erstes Röntgenbild, d.h. ohne Aufnahme vor Reposition, wurden ausgeschlossen. Bei Patienten, die sich beim selben Unfall beide Unterarme brachen, wurde per Zufallsprinzip eine Seite ausgewählt und in die Studie aufgenommen, die andere Seite wurde außer für die Rubriken „betroffener Arm“ und „Begleitverletzungen“ nicht bedacht. Insgesamt wurden mit diesen Kriterien 418 Patienten ausgewählt und untersucht.

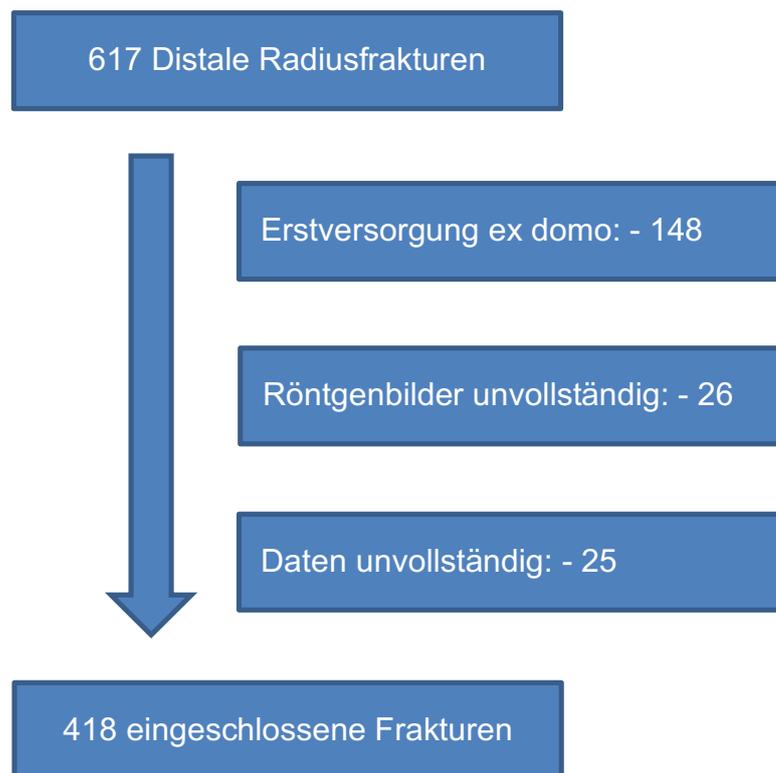


Abbildung 9: Ausgeschlossene Fälle

## 2.2 Datenerfassung

Die Daten wurden über einen klinikinternen Zugang mit Hilfe von Arztbriefen, Notaufnahmeprotokollen, OP-Protokollen und allen weiteren zur Verfügung stehenden medizinischen Dokumenten erfasst, die in der jeweiligen Akte hinterlegt waren. Die radiologischen Aufnahmen wurden ausnahmslos nach eingehender Weiterbildung von der Doktorandin persönlich ausgewertet. Dies generiert eine hohe Vergleichbarkeit der erhobenen Ergebnisse, besonders in Bezug auf Dislokationsangaben und die Frakturklassifikation. Die Auswertung der Röntgenaufnahmen erfolgte mit Hilfe des PACS-Programmes. Die gewonnenen Daten wurden mit Microsoft® Excel für Mac, Version 15.29.1, 2016 erfasst und statistisch ausgewertet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Epidemiologische Untersuchung:

##### 3.1.2 Altersverteilung:

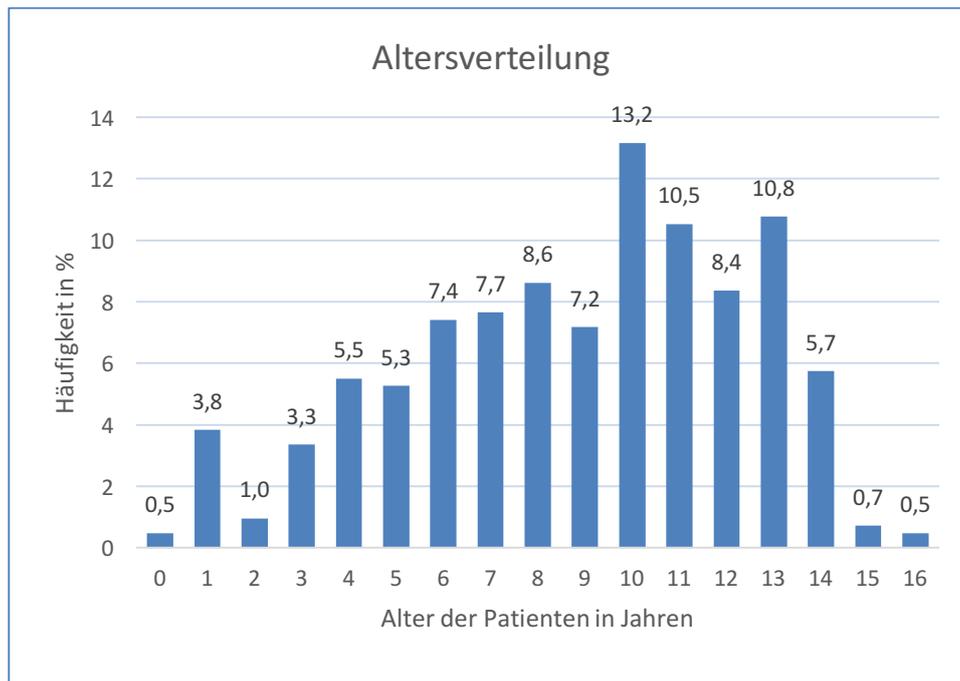


Abbildung 10: Altersverteilung

Abbildung 1 zeigt die Altersverteilung der untersuchten Patienten. Es zeigt sich, dass der Anteil der 10-jährigen mit 13,2 Prozent am höchsten ist, gefolgt von den 13- und 11-jährigen mit 10,8 bzw. 10,5 Prozent. Der Alters-Mittelwert konnte mit 9 Jahren bestimmt werden. Die zugehörige Standardabweichung lag bei 3,57.

### 3.1.3 Geschlechterverteilung

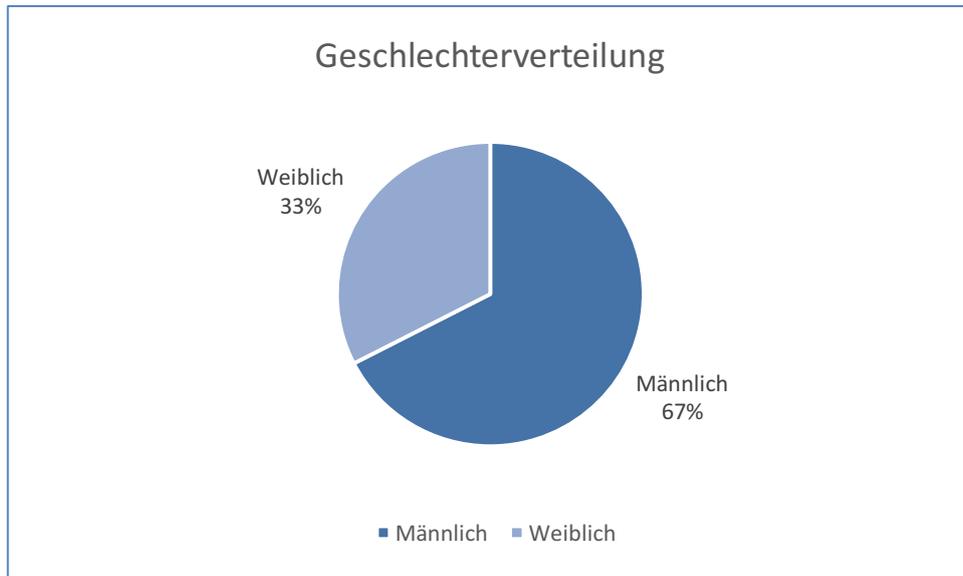


Abbildung 11: Geschlechterverteilung

Von den 418 untersuchten Patienten waren 32,5 % (136 Patienten) weiblich und 67,5 % (282 Patienten) männlich.

### 3.1.1 Betroffener Arm

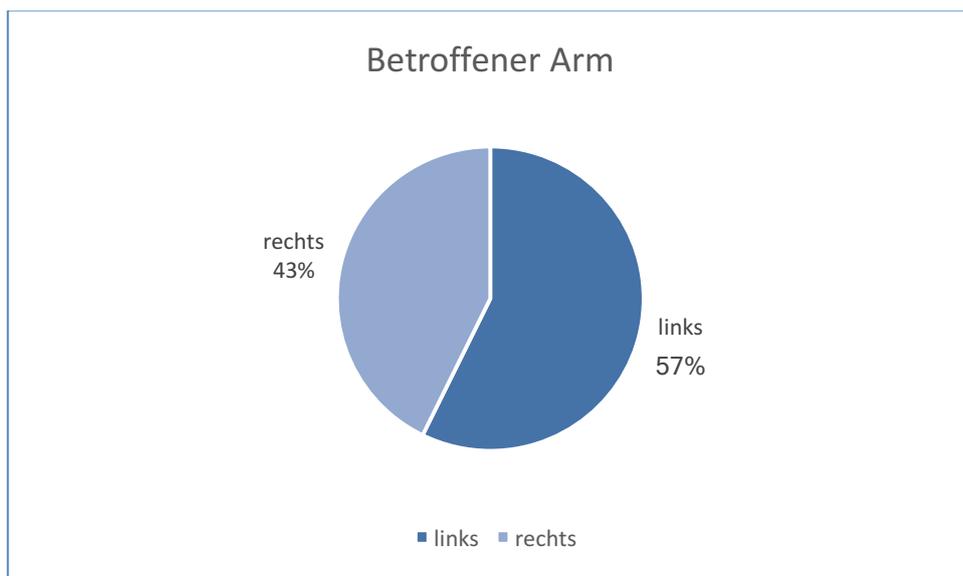


Abbildung 12: Betroffener Arm

43 % (244 Patienten) brachen sich den linken Arm, 57 % (182 Patienten) den rechten. Hier ist zu erwähnen, dass sich 8 Patienten zum selben Zeitpunkt beide Unterarme brachen, dies bedingt eine Summe von 426 gebrochenen Unterarmen bei nur 418 Patienten.

### 3.1.2 Unfallmonate

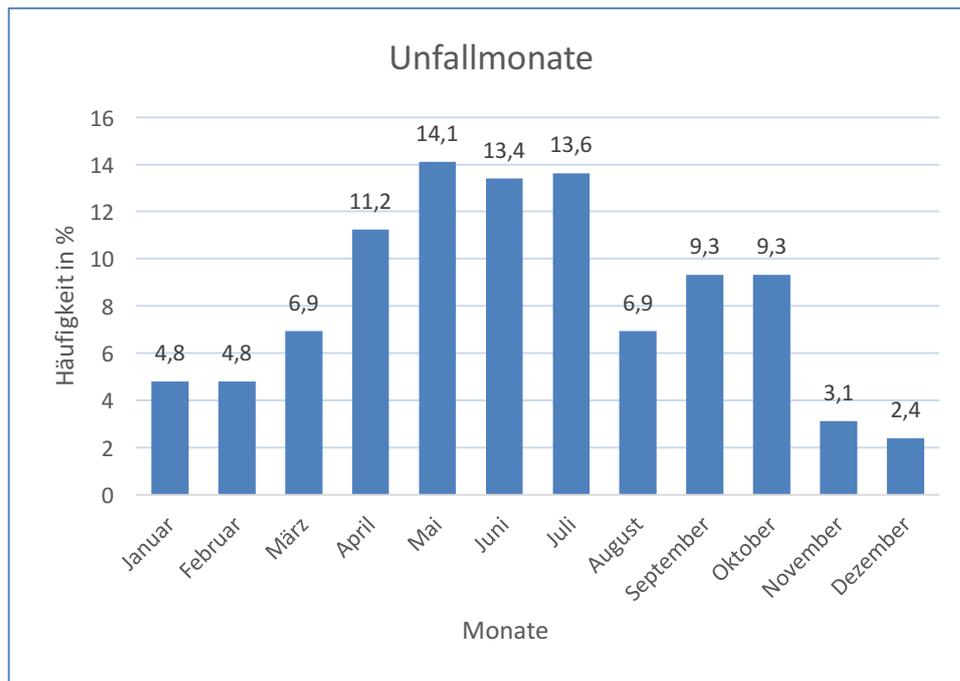


Abbildung 13: Unfallmonate

Im Mai ereigneten sich mit 14,1 % an verunfallten Patienten die meisten Frakturen, darauf folgen der Juli mit 13,6 % und der Juni mit 13,4 %. In den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar, sowie im November, ereigneten sich im Vergleich zu den restlichen Monaten die wenigsten Unfälle.

### 3.1.3 Aufnahmezeit

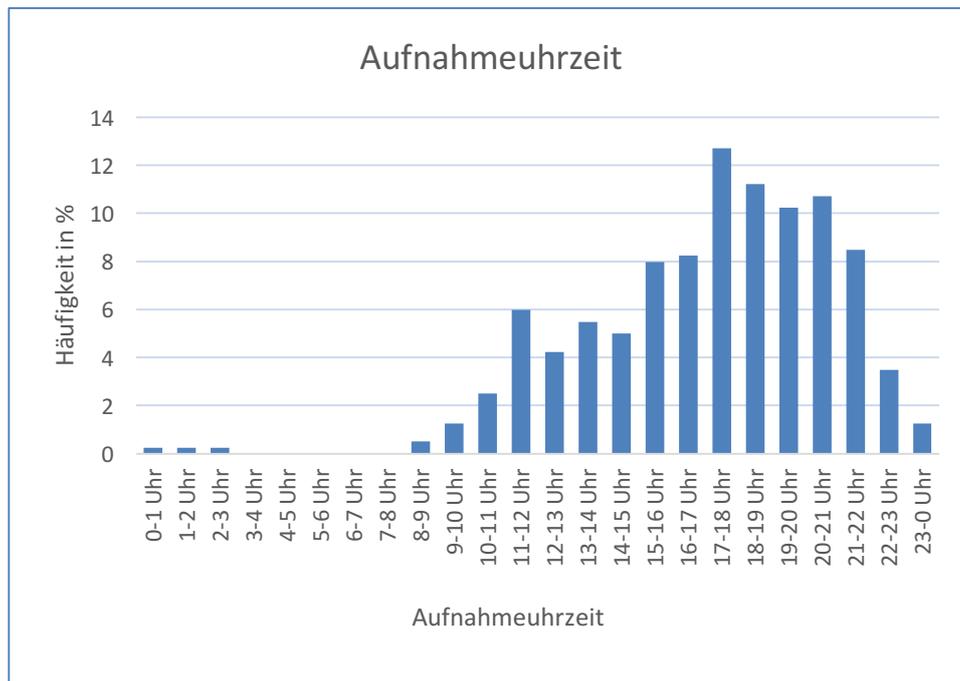


Abbildung 14: Uhrzeit der Aufnahme

In den Morgenstunden bis etwa 9 Uhr wurden kaum Patienten mit einer distalen Radiusfraktur aufgenommen. Bis zum Abend stieg die Zahl der Aufnahmen stetig an. Die meisten jungen Patienten mit distalen Radiusfrakturen wurden zwischen 17 und 18 Uhr aufgenommen. Danach sanken die Aufnahmezahlen bis 0 Uhr wieder stetig ab.

### 3.1.4 Unfallszenarien

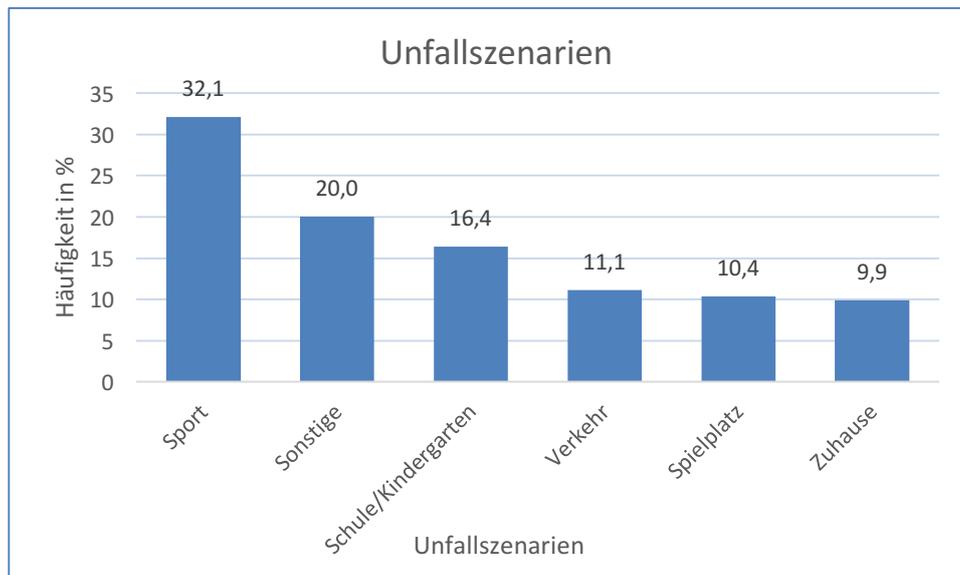


Abbildung 15: die häufigsten Unfallszenarien

Die meisten Unfälle mit 32,1 % der verunfallten Patienten, ereigneten sich im Rahmen von sportlichen Aktivitäten. 20 % der Unfallmechanismen konnten entweder nicht eindeutig nachvollzogen oder keiner der Gruppen (Sport, Schule/Kindergarten, Verkehr, Spielplatz, Zuhause) zugeteilt werden: der Unfallort bzw. die Rahmenbedingungen des Unfalls wurden nicht immer festgehalten. In der Schule bzw. im Kindergarten kam es mit 16,4 % der Unfälle ebenfalls häufig zu Unterarmfrakturen. Der Spielplatz, das häusliche Umfeld, sowie der Verkehr waren ähnlich häufig Ort bzw. Ursache eines Unfalls. Hier ist zu erwähnen, dass auch Fahrradunfälle, bzw. Unfälle mit dem Tretroller als Fortbewegungsmittel zur Rubrik Verkehr gezählt wurden.

### 3.1.5 Unfallmechanismus

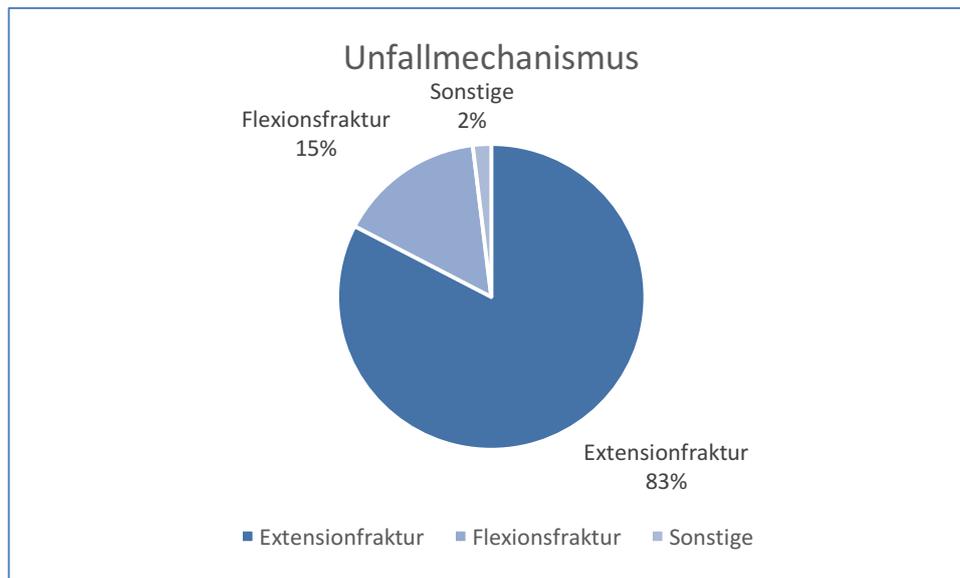


Abbildung 16: Unfallmechanismus

Mit 83 % ist die Extensionsfraktur deutlich häufiger zu beobachten gewesen als die Flexionsfraktur mit 15 %. In 2 % der Fälle konnte die Fraktur keinem der beiden Unfallmechanismen zugeteilt werden.

### 3.1.6 Frakturarten

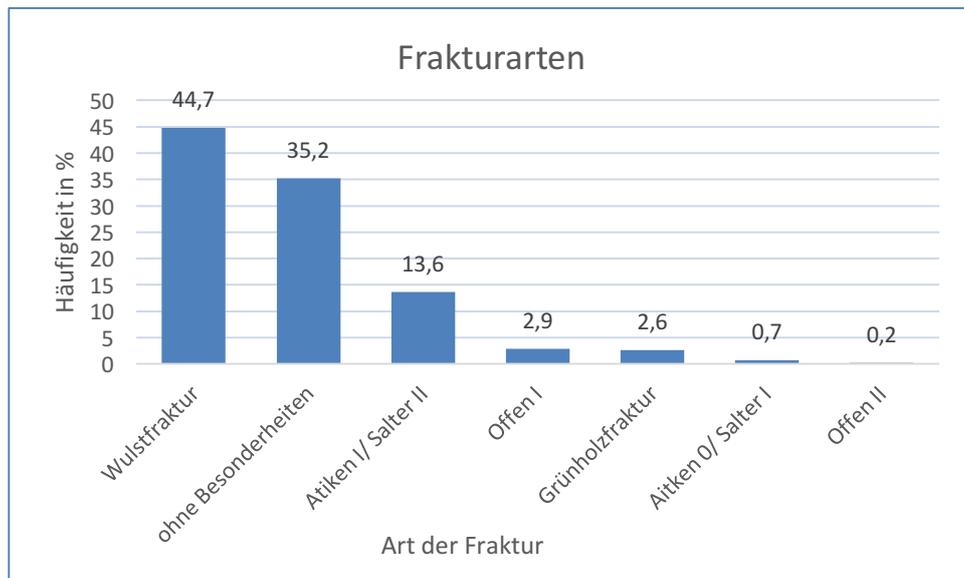


Abbildung 17: Art der Fraktur

Mit 44,7 % aller Frakturen, kam die Wulstfraktur am häufigsten vor. Auf Platz 2 lag die geschlossene Fraktur ohne Besonderheiten mit 35,2 % aller Frakturen. Ebenfalls noch relativ häufig kam es zur Aitken I bzw. Salter II- Fraktur mit 13,6 % aller Frakturen. Die erstgradig offene Fraktur war mit 2,9 % ähnlich oft vertreten wie die Grünholzfraktur mit 2,6 %. Am seltensten kam es zur zweitgradig offenen Fraktur mit 0,2 %. Ebenfalls selten mit 0,7 % kam es zur Aitken „0“ bzw. Salter I- Fraktur.

### 3.1.7 Betroffene Knochen

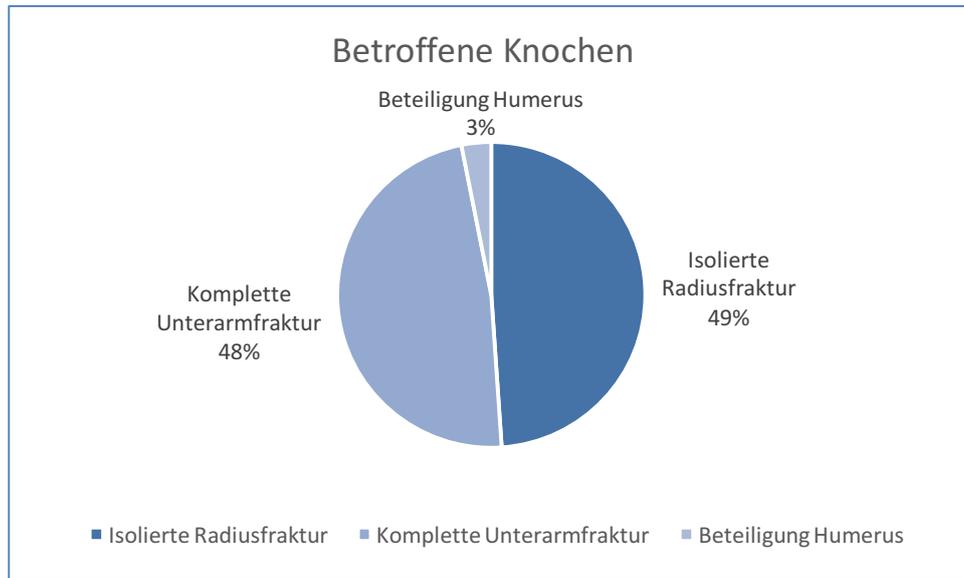


Abbildung 18: Beteiligte Knochen

In 49 % der Fälle handelte es sich um eine isolierte Radiusfraktur. Bei 48 % der distalen Radiusfrakturen war neben dem Radius auch die Ulna frakturiert. In 3 % der Fälle kam es neben der Radiusfraktur auch zur Fraktur des Humerus.

### 3.1.8 Häufigkeit dislozierter und nicht-dislozierter Frakturen



Abbildung 19: Häufigkeit der Dislokation

In der Studie wurden sowohl dislozierte, als auch nicht-dislozierte Frakturen untersucht. Dabei machten die Frakturen ohne initiale Dislokation 20% der Fälle, die mit initialer Dislokation 80 % der Fälle aus.

### 3.1.9 Dislokationsrichtung

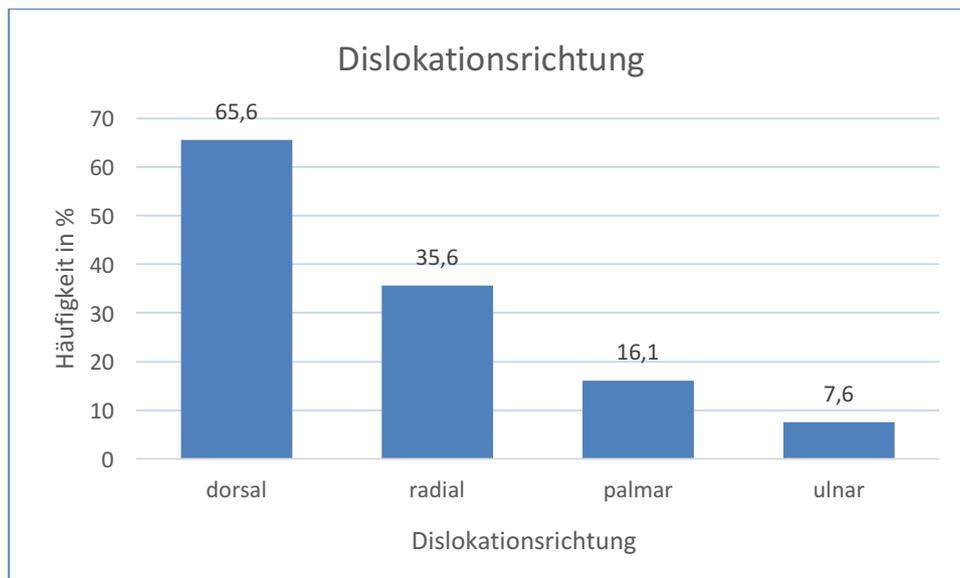


Abbildung 20: Richtung der Dislokation

Mit Abstand am häufigsten kam es zur Dislokation des frakturierten Fragmentes nach dorsal (65,6 % der Fälle). Gefolgt von der Dislokation nach radial mit 35,6 % der Fälle. Am seltensten kam es zur Dislokation nach ulnar mit 7,6 %. Zur Dislokation nach palmar kam es in 16,1 % der Fälle.

### 3.1.10 Frakturlokalisierung

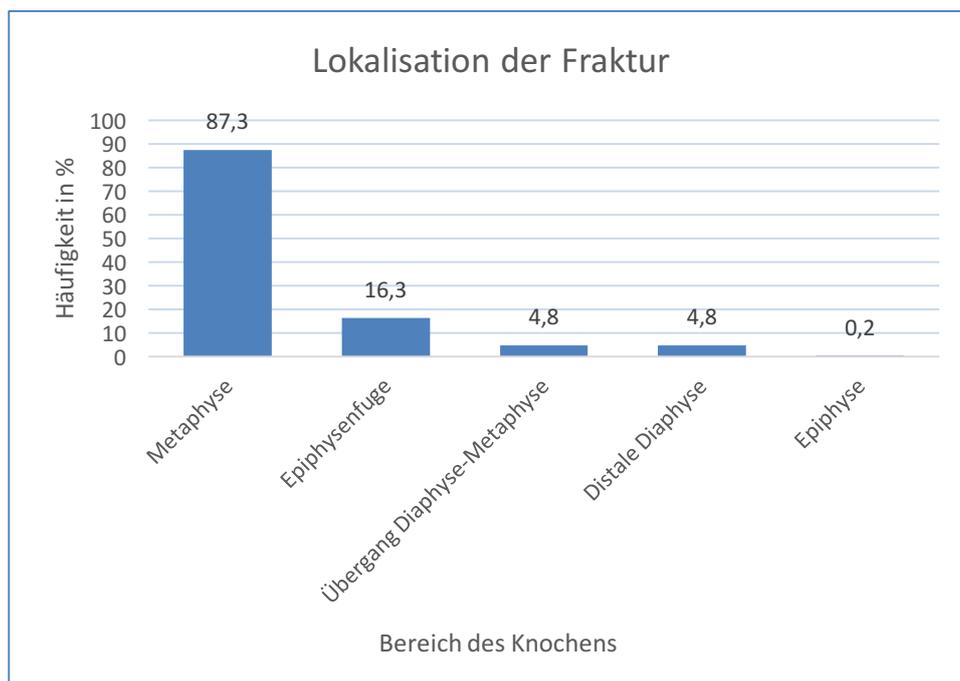


Abbildung 21: Frakturlokalisierung

In 87,3 % der Fälle betraf die Fraktur die Metaphyse des Radius. Die Epiphysenfuge war mit 16,3 % am zweithäufigsten betroffen. Der Übergang zwischen Diaphyse und Metaphyse sowie die distale Diaphyse waren mit 4,8 % der Fälle gleich oft betroffen. Selten (in 0,2 % der Fälle) kam es zur Fraktur im Bereich der Epiphyse.

### 3.1.11 Begleitverletzungen

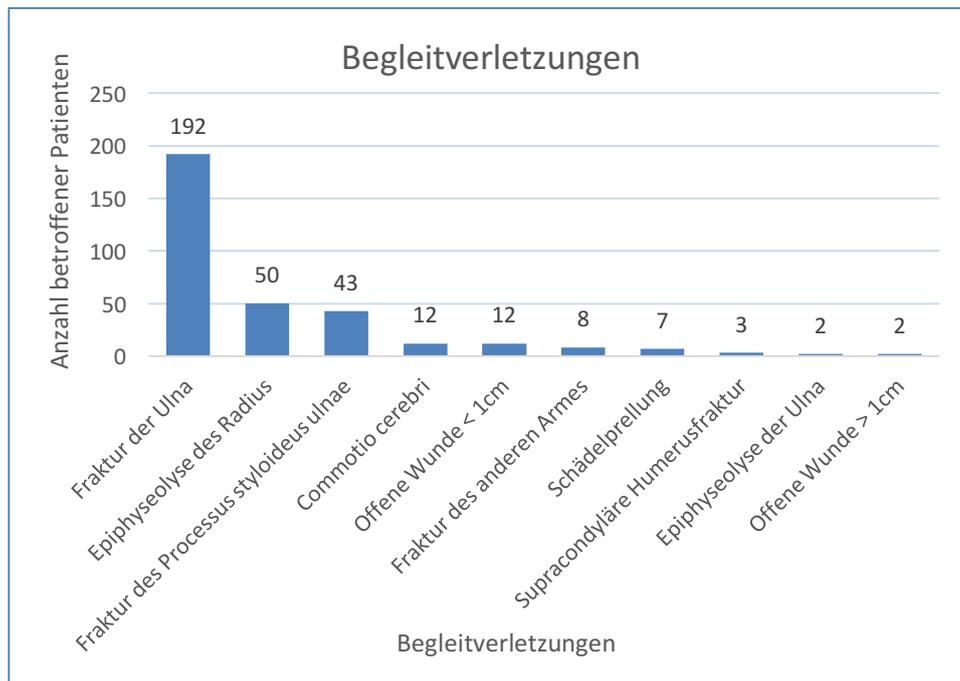


Abbildung 22: Begleitverletzungen

126 von 418 Patienten, zeigten neben der Radiusfraktur keinerlei weitere Verletzungen. Die restlichen 292 Patienten erlitten mindestens eine Begleitverletzung. Die häufigste Begleitverletzung war dabei die zeitgleiche Fraktur der Ulna. Auch die Epiphyseolyse des Radius und eine Fraktur des Processus styloideus ulnae kamen relativ häufig vor. Selten dagegen kam es zu einer zweitgradig offenen Fraktur mit einer offenen Wunde > 1 cm oder zu einer Epiphyseolyse der Ulna.

## 3.2 Untersuchung von Therapie und Komplikationen

### 3.2.1 Zeitpunkt der primären Versorgung

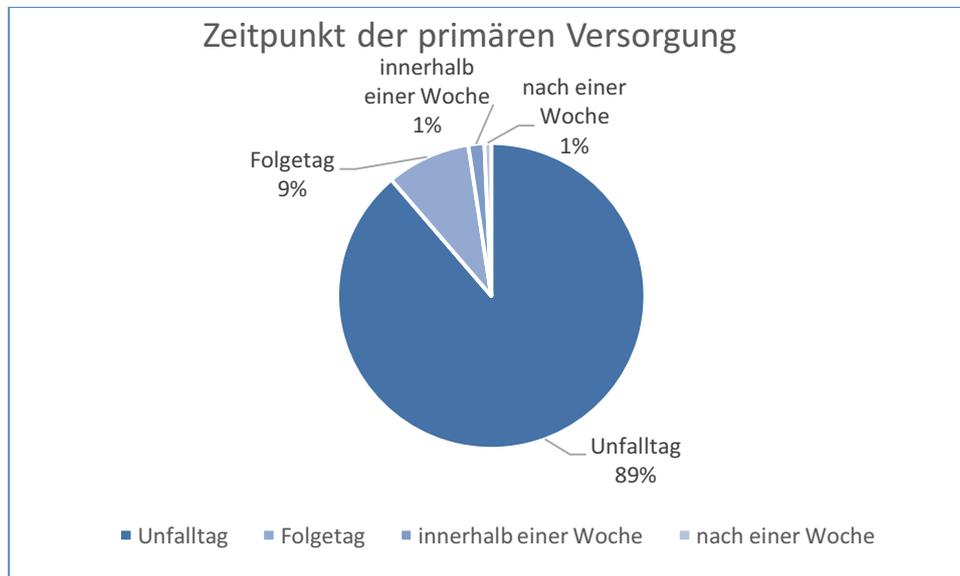


Abbildung 23: Zeitpunkt der primären Versorgung

In 89 % der Fälle fand die Vorstellung des Kindes und die Versorgung der Fraktur am Unfalltag selbst statt, 9 % wurden erst am Tag nach dem Unfall, also am Folgetag vorgestellt und versorgt. In 1,7 % der Fälle kam es zur Vorstellung und Versorgung innerhalb einer Woche, bei 0,7 % erst 1 Woche nach dem Unfall.

### 3.2.2 Häufigkeit der primär gewählten Therapie

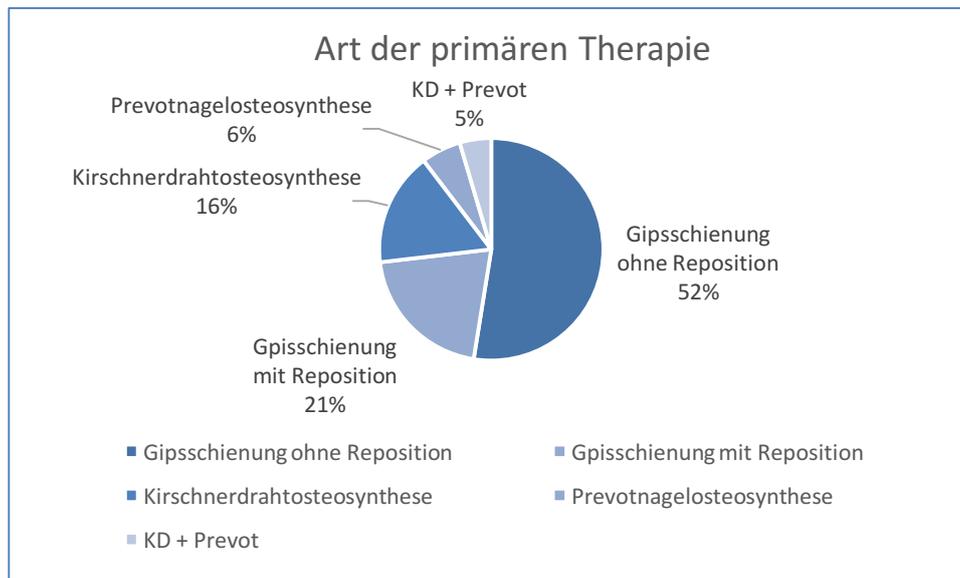


Abbildung 24: Häufigkeiten der primär gewählten Therapie

Eine Gipsschienung ohne Reposition wurde in 52 % der untersuchten Fälle als primäre Therapieform gewählt. Die Gipsschienung mit Reposition kommt mit 21 % auf den zweiten Platz. Insgesamt macht der Anteil aller osteosynthetischen Verfahren ca. 27 % aus, damit liegt die Summe der osteosynthetischen Verfahren sogar noch vor der der Gipsschienung mit Reposition. Am häufigsten wurde als osteosynthetisches Verfahren die Kirschnerdraht-Osteosynthese angewandt. Seltener wurde eine Prevotnagelosteosynthese durchgeführt, bzw. eine Kombination aus Prevotnagel- und Kirschnerdrahtosteosynthese.

### 3.2.3 Wahl der primären Therapie in den letzten 11 Jahren

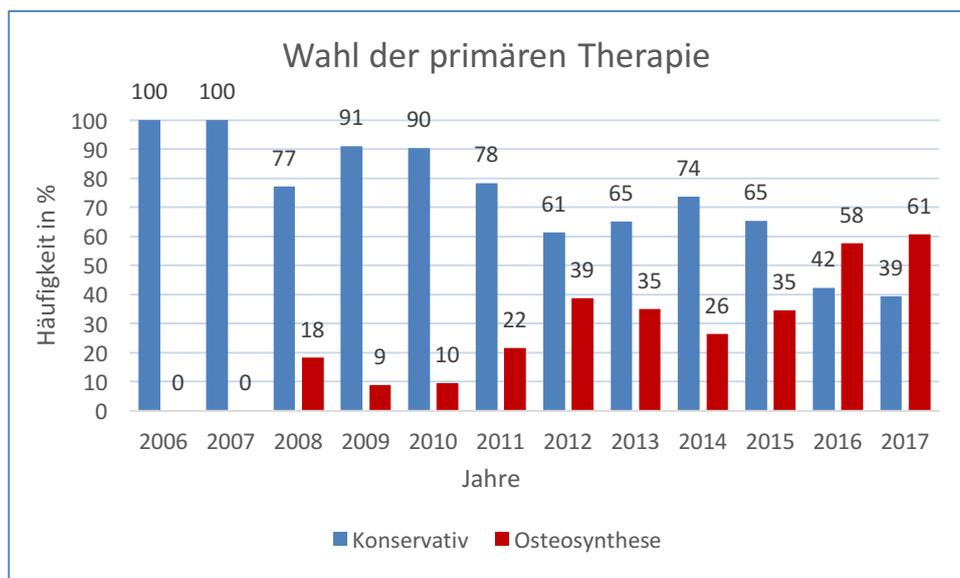


Abbildung 25: Wahl der primären Therapie in den vergangenen 11 Jahren

Wie die obige Abbildung zeigt, nahm der Anteil an osteosynthetischen Therapien vom Jahr 2006 mit 0 % auf 61 % im Jahre 2017 zu. Dabei sinkt der Anteil an konservativen Therapieformen von 100 % im Jahre 2006 auf 39 % im Jahre 2017.

### 3.2.4 Anwendungshäufigkeit der Reposition in Vollnarkose

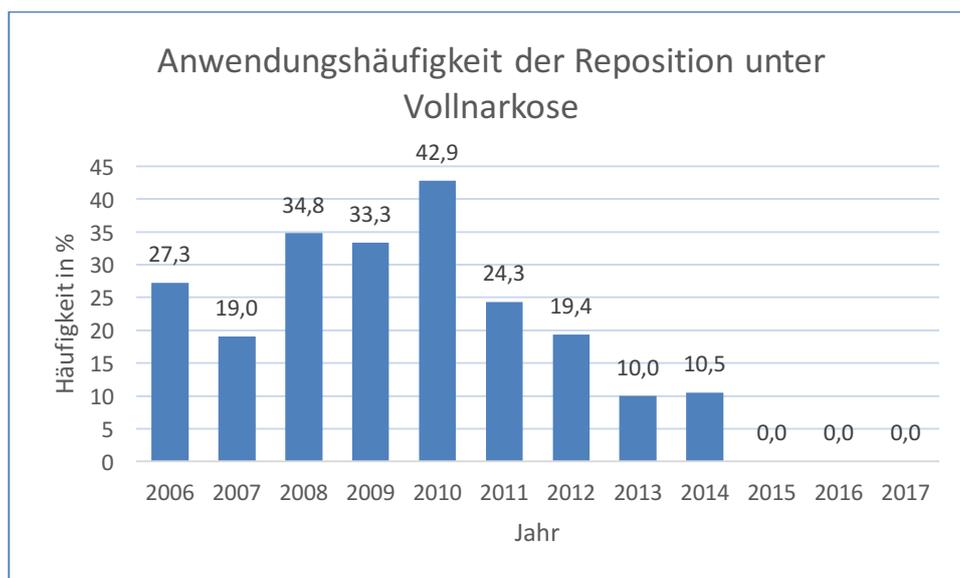


Abbildung 26: Anwendungshäufigkeit der Reposition unter Vollnarkose in den letzten 11 Jahren

Die erhobenen Daten zeigen, dass die Anwendung der Reposition unter Vollnarkose im Jahre 2010 mit 42,9 % an allen zur Verfügung stehenden Therapien ihr Maximum erreichte. In den Jahren danach wurde diese Art der Therapie immer seltener eingesetzt, bis ab dem Jahr 2015 gar keine Reposition unter Vollnarkose und ohne Verwendung von Osteosynthesematerial mehr stattfand.

### 3.2.5 Häufigkeit der sekundären Dislokation insgesamt

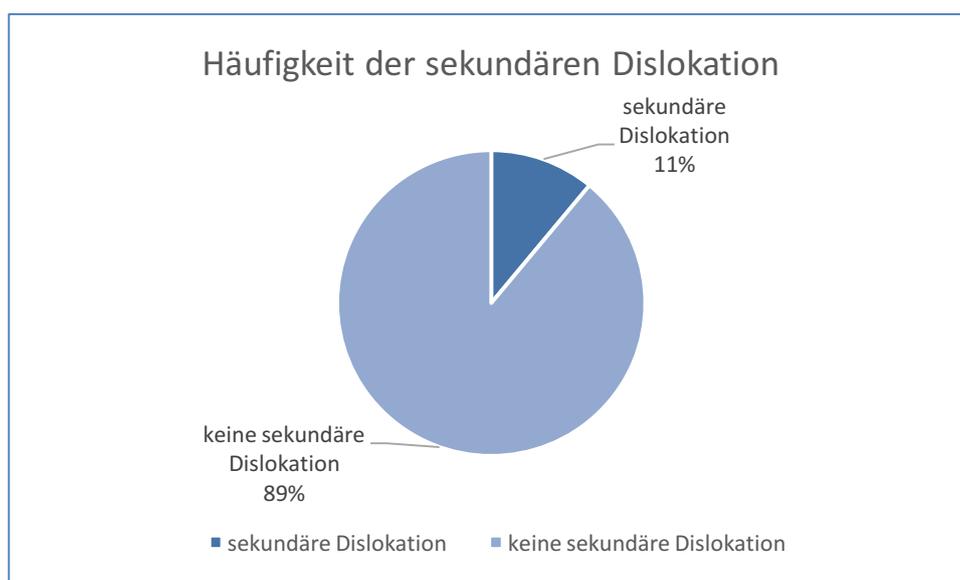


Abbildung 27: Häufigkeit der sekundären Dislokation

In insgesamt 11 % aller untersuchten 418 Fälle kam es zu einer sekundären Dislokation, 89 % der Patienten waren nicht von dieser Komplikation betroffen.

### 3.2.6 Erkennungszeitpunkt der sekundären Dislokation

Tabelle 4: Durchschnittlicher Erkennungszeitpunkt der sekundären Dislokation

Mittelwert	9,1 Tage
Standardabweichung	6,7 Tage

Im Schnitt wurde die sekundäre Dislokation am 9. Tag nach Erstversorgung diagnostiziert. In der Regel geschah dies im Rahmen einer Röntgenkontrolle.

### 3.2.7 Häufigkeit der sekundären Dislokation nach Jahren

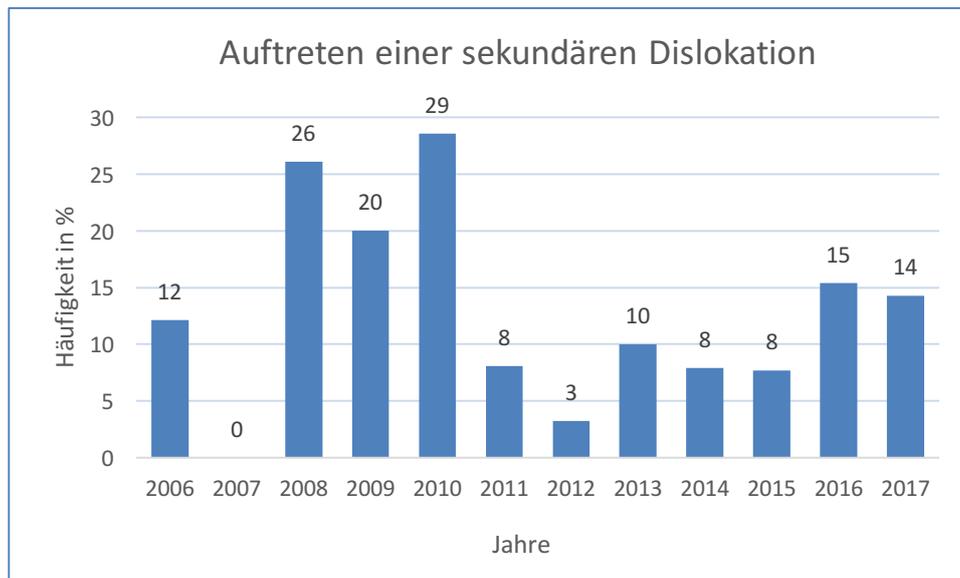


Abbildung 28: Häufigkeit der sekundären Dislokation in den letzten 11 Jahren

Im Jahr 2010 kam es am häufigsten, nämlich bei 29 % der in diesem Jahr behandelten Patienten, zu einer sekundären Dislokation. 2011 bis 2015 blieb der Anteil mit 3-10 % relativ stabil. 2016 und 2017 gab es einen diskreten Anstieg auf 15 % bzw. 14 %. Die Werte der Jahre 2006 bis 2010 zeigen eine relativ große Varianz mit Werten von 0-29 %. 2007 gab es einige Fälle, in denen eine Gipskeilung > 1 Woche nach primärer Therapie durchgeführt wurde. Dies geschah allerdings ohne die Diagnose einer sekundären Dislokation zu stellen und wurde daher nicht als solche in die Datenerfassung aufgenommen. Dies könnte erklären, warum 2007 weder ein Fall von sekundärer Dislokation noch von sekundärer Therapie in den Daten auftaucht.

### 3.2.8 Notwendigkeit einer sekundären und/oder tertiären Therapie

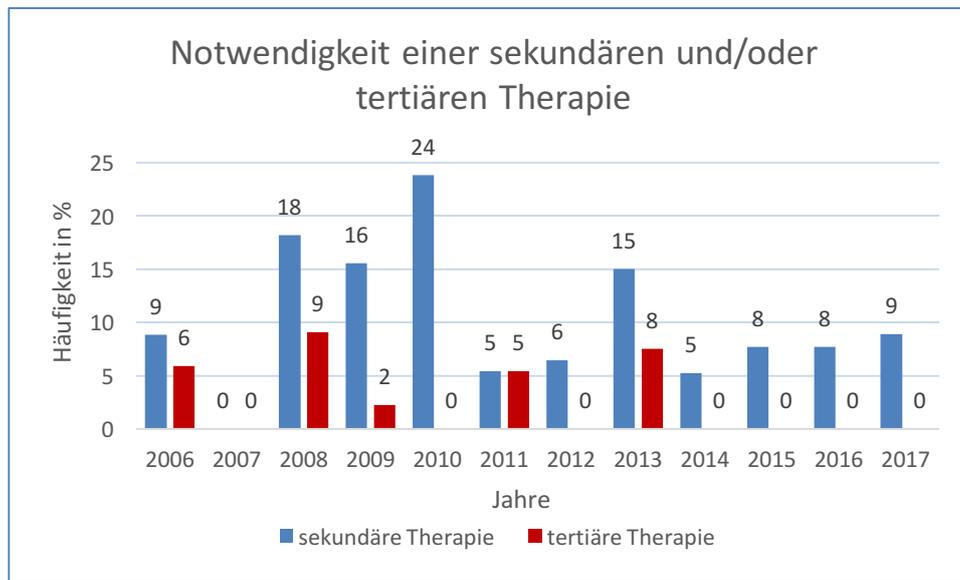


Abbildung 29: Notwendigkeit einer sekundären u/o tertiären Therapie in den letzten 11 Jahren

In den Jahren 2008-2010 wurde mit 18-24 % relativ oft eine sekundäre Therapie notwendig, auch kam es bis 2013 immer wieder zur Notwendigkeit einer tertiären Therapie. Seit dem Jahre 2014 blieb der Anteil an sekundären Therapien stabil bei 5-9 %, eine tertiäre Therapie war seit dem Jahr 2013 in keinem einzigen Fall mehr notwendig. Die Diskrepanz zwischen dem Aufkommen der sekundären Dislokation (vgl. Abb. 18) und der Notwendigkeit eines weiteren therapeutischen Eingriffes rührt daher, dass es zwar in einigen Fällen zu einer sekundären Dislokation kam, diese jedoch entweder so diskret ausfiel, dass kein Einschreiten notwendig war, oder erst entdeckt wurde, als der Knochen bereits konsolidiert war und eine Therapiewechsel nicht mehr sinnvoll erschien.

### 3.2.9 Sekundäre Dislokation in Abhängigkeit der primären Therapie

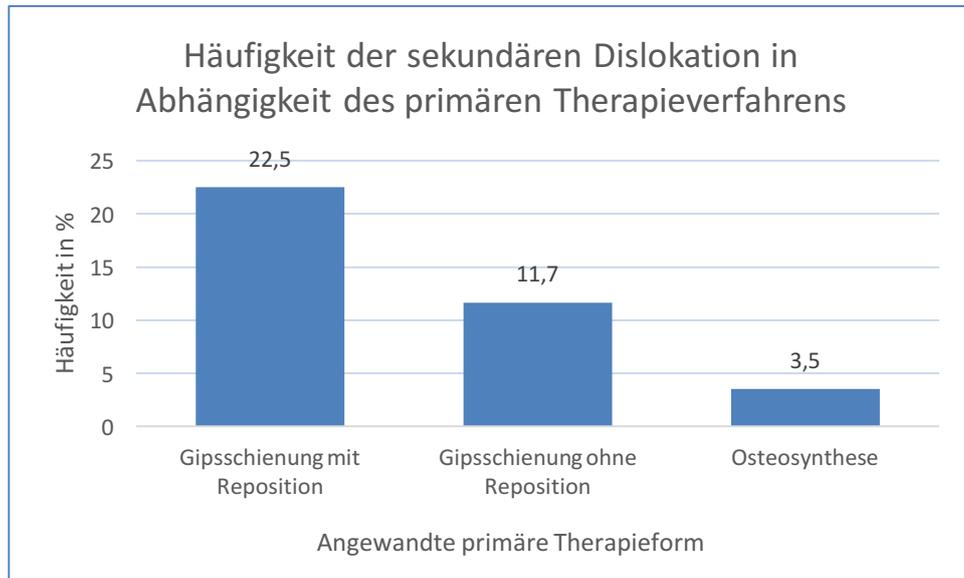


Abbildung 30: Sekundäre Dislokation in Abhängigkeit des primären Therapieverfahrens

Am häufigsten kam es bei einer konservativen Therapie mit Reposition und anschließender Gipsschiennung zu einer sekundären Dislokation. Im Falle der Osteosynthese kam es nur in 3 % der Fälle zu dieser Komplikation.

### 3.2.10 Sekundäre Dislokation in Abhängigkeit des Alters

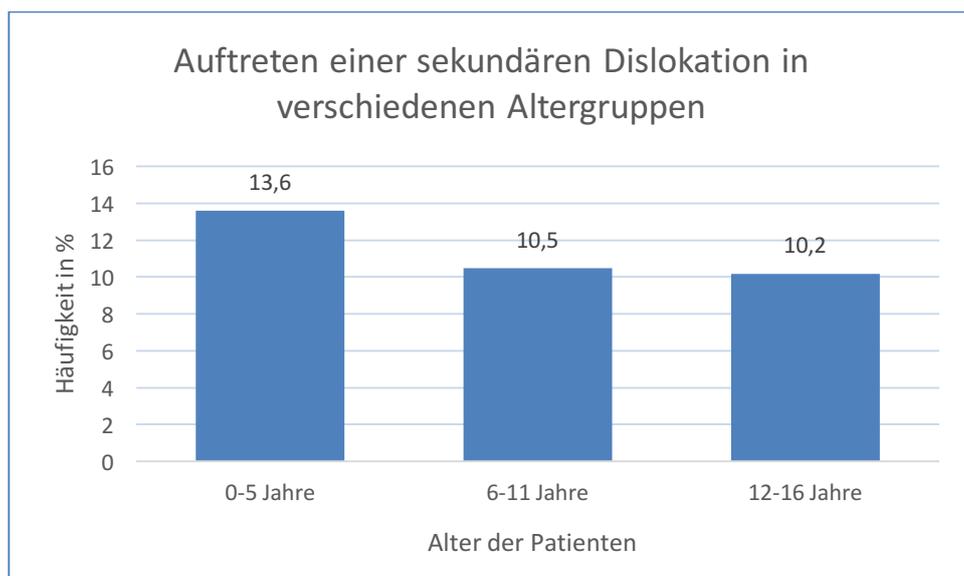


Abbildung 31: Auftreten einer sekundären Dislokation in verschiedenen Altersgruppen

Es zeigte sich, dass es in der Gruppe der 0-5-jährigen mit 13,6 % am häufigsten zu einer sekundären Dislokation kam. In den Altersgruppen 6-11 Jahre und 12-16 Jahre kam es mit 10,5 % bzw. 10,2 % weniger häufig zur sekundären Dislokation. Allerdings liegen die Unterschiede im Auftreten bei maximal 3,4 %.

### 3.2.11 Anzahl stationärer Tage in Abhängigkeit der Therapie

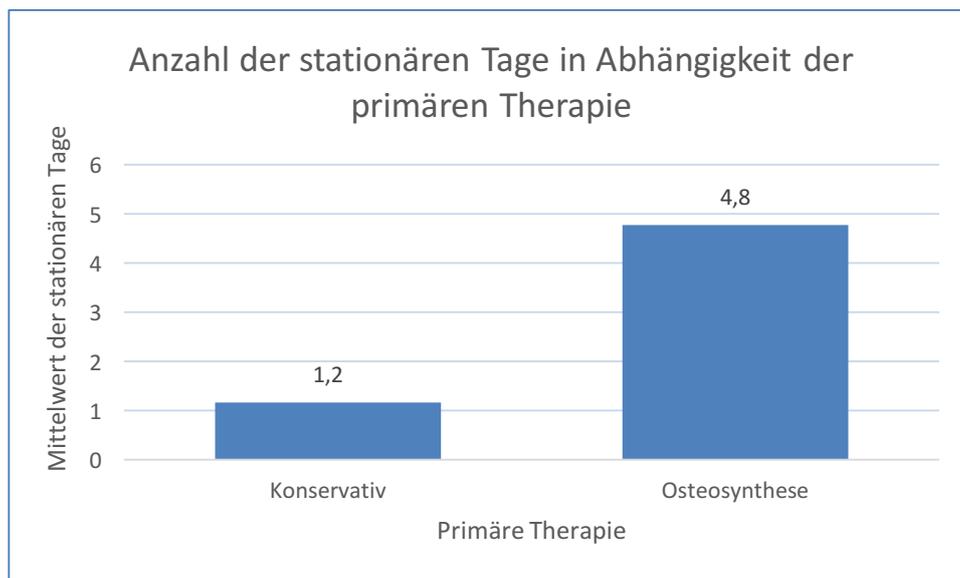


Abbildung 32: Anzahl der stationären Tage in Abhängigkeit der primären Therapie

Wurden die Patienten osteosynthetisch versorgt, war mit durchschnittlich 4,8 Tagen (Standardabweichung 2,9) ein längerer stationärer Aufenthalt notwendig, als bei den konservativ behandelten Patienten mit durchschnittlich 1,2 Tagen (Standardabweichung 2,1) stationärem Aufenthalt.

### 3.2.12 Anzahl an Röntgenaufnahmen in Abhängigkeit der Therapie

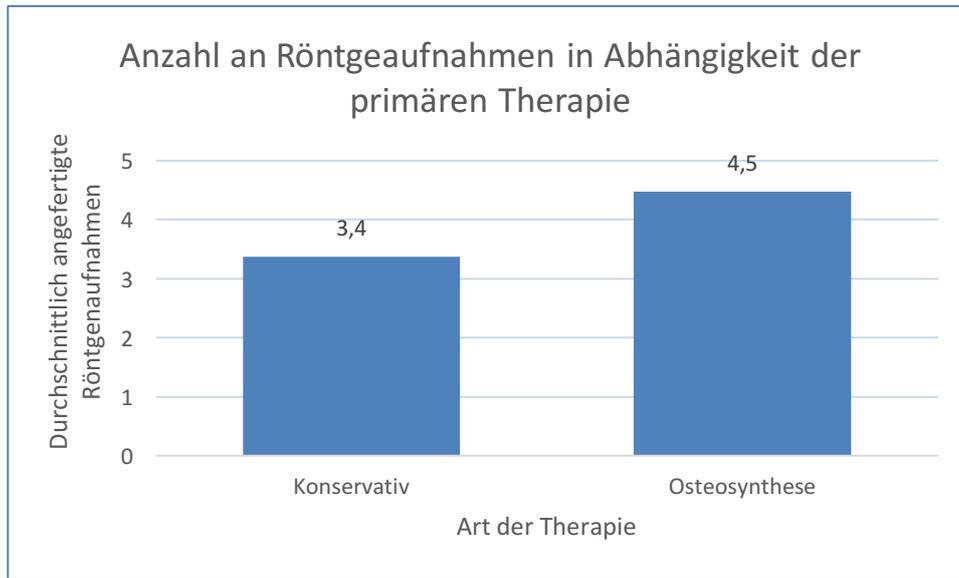


Abbildung 33: Durchschnittliche Anzahl an angefertigten Röntgenaufnahmen in Abhängigkeit der primären Therapie

Bei einer osteosynthetischen Therapie wurde im Durchschnitt mit 4,5 Röntgenbildern (Standardabweichung 1,9) eine Röntgenaufnahme mehr durchgeführt als bei der konservativen Therapie mit 3,4 Aufnahmen (Standardabweichung 1,7).

### 3.2.13 Anzahl stationärer Tage bei sekundärer Dislokation

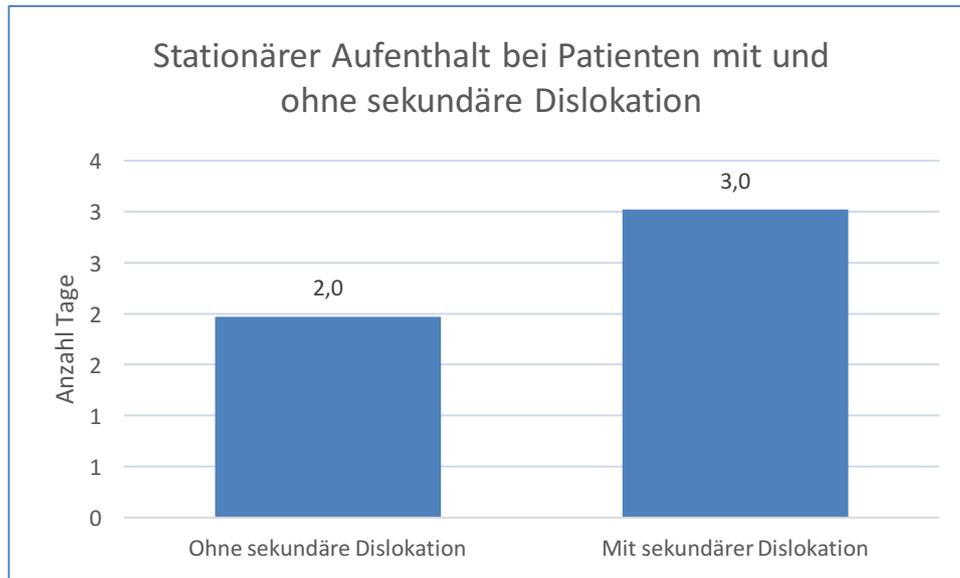


Abbildung 34: Durchschnittliche Anzahl an stationären Tagen bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation

Der stationäre Aufenthalt von Kindern ohne sekundäre Dislokation betrug im Schnitt 2,0 Tage (Standardabweichung: 2,8). Kinder mit sekundärer Dislokation wurden durchschnittlich 3,0 Tage (Standardabweichung: 2,5) stationär versorgt. Kinder, die eine sekundäre Dislokation erlitten, mussten also im Schnitt 1 Tag länger im Krankenhaus verbringen, als diejenigen, bei denen eine sekundäre Dislokation ausblieb.

### 3.2.14 Anzahl an Röntgenbilder bei sekundärer Dislokation

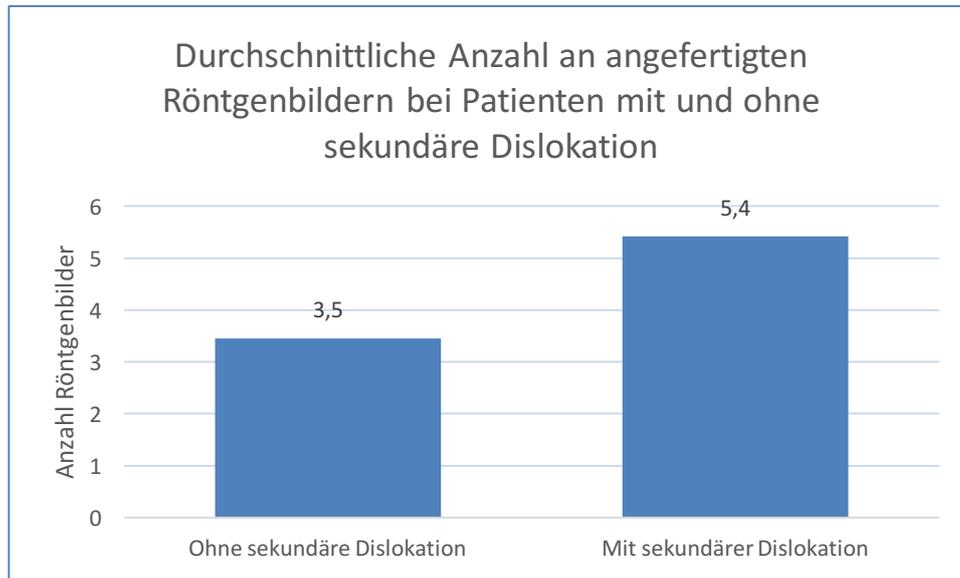


Abbildung 35: Durchschnittliche Anzahl an angefertigten Röntgenbildern bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation

Bei Kindern ohne sekundäre Dislokation wurden im Schnitt 3,5 Röntgenbilder (Standardabweichung: 1,8) angefertigt. Bei Kindern mit sekundärer Dislokation dagegen 5,4 Röntgenbilder (Standardabweichung: 1,3). Kam es zu einer sekundären Dislokation wurden also im Schnitt 1,9, also fast 2 Röntgenbilder mehr angefertigt, als bei Patienten ohne diese Komplikation.

### 3.2.15 OP-Zeiten in Abhängigkeit der Therapieform

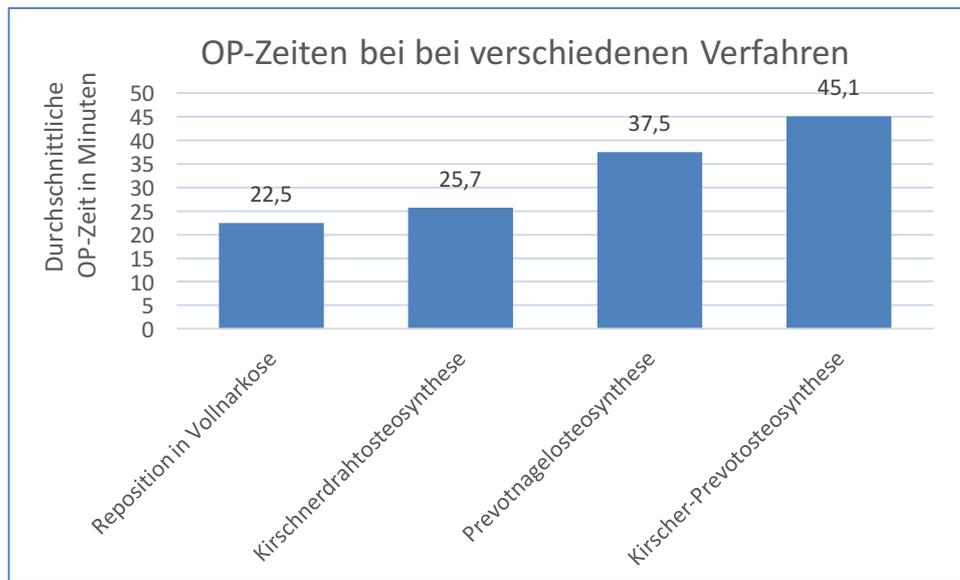


Abbildung 36: Durchschnittliche OP-Zeiten bei unterschiedlichen Therapieverfahren

Die Eingriffsdauer bei einer Reposition in Vollnarkose oder einer Kirschnerdraht-Osteosynthese ist mit durchschnittlich 22,5 min (Standardabweichung: 14,9) bzw. 25,7 min (Standardabweichung 19,2) relativ ähnlich. Länger dauerte der Eingriff bei der Prevotnagel-Osteosynthese mit durchschnittlich 37,5 min (Standardabweichung 26,2) und am längsten bei einer Kombination aus Prevotnagel- und Kirschnerdraht-Osteosynthese mit 45,1 min (Standardabweichung 19,2).

### 3.2.16 Dislokationsausmaß bei sekundärer Dislokation

Die folgenden Graphen zeigen den Grad der Dislokation des Knochens vor der primären Therapie, zum Zeitpunkt der Feststellung der sekundären Dislokation sowie nach Abschluss der Therapie. Das Ende der Therapie wurde auf etwa 4 Wochen nach Erstversorgung festgesetzt. Es wurden jedoch auch Röntgenbilder mitbedacht, die in einem Zeitraum von 3-6 Wochen nach Therapie aufgenommen wurden. Dabei wurde die Abweichung in Bezug auf die Längsachse des Knochens ermittelt (siehe Abb. 26). Außerdem wurde die Dislokation anhand der seitlichen Verschiebung des frakturierten Knochens gemessen (siehe Abb. 27)

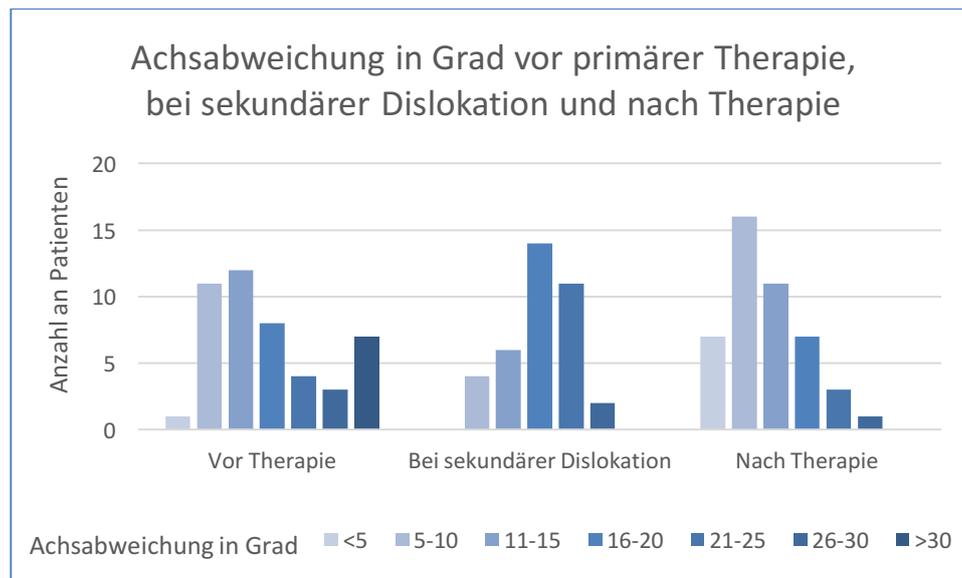


Abbildung 37: Achsabweichung in Grad vor Therapie, zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation und nach Therapie

Abbildung 26 zeigt, dass der Grad der Achsabweichung zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation am häufigsten in einem Bereich von 16-20 Grad lag. Häufig kam es auch zu einer Achsabweichung im Bereich zwischen 21-25 Grad. Vergleicht man die Achsabweichung vor Therapie und zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation fällt auf, dass die höhergradigen Achsabweichungen vor Therapie häufiger vertreten waren als zum Zeitpunkt der Sekundären Dislokation. Die gravierenden Achsabweichungen > 26 Grad kamen zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation seltener vor. Vergleicht man den Dislokationsgrad vor Therapie mit dem Dislokationsgrad nach der Therapie zeigt sich auch hier, dass nach Ende der Therapie große Achsabweichungen > 26 Grad sehr selten vorkamen und insgesamt eine Verbesserung der Stellung erreicht werden konnte.

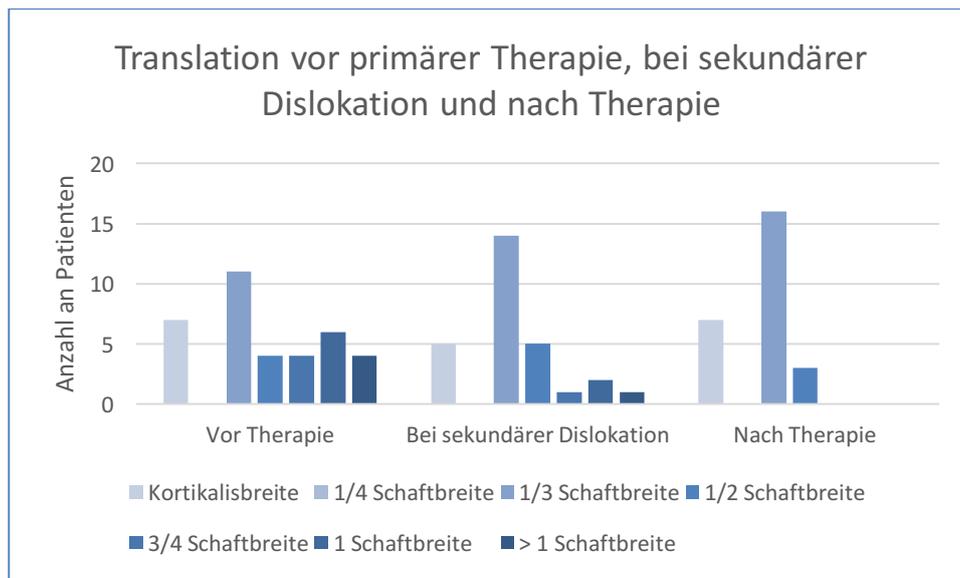


Abbildung 38: Translation vor Therapie, zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation und nach Therapie

Abbildung 27 zeigt, dass zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation an häufigsten seitliche Verschiebungen im Bereich zwischen Kortikalisbreite und  $\frac{1}{2}$  Schaftbreite vorlagen. Gravierende Translationen größer als  $\frac{1}{2}$  Schaftbreite waren dagegen selten. Es ist zu sehen, dass das vor Therapie viel häufiger höhergradige Verschiebungen vorlagen als nach Therapie. Daneben war die Stellung nach Therapieabschluss besser als zum Zeitpunkt des Auftretens der sekundären Dislokation.

### 3.2.17 Dislokationsausmaß mit und ohne sekundäre Dislokation

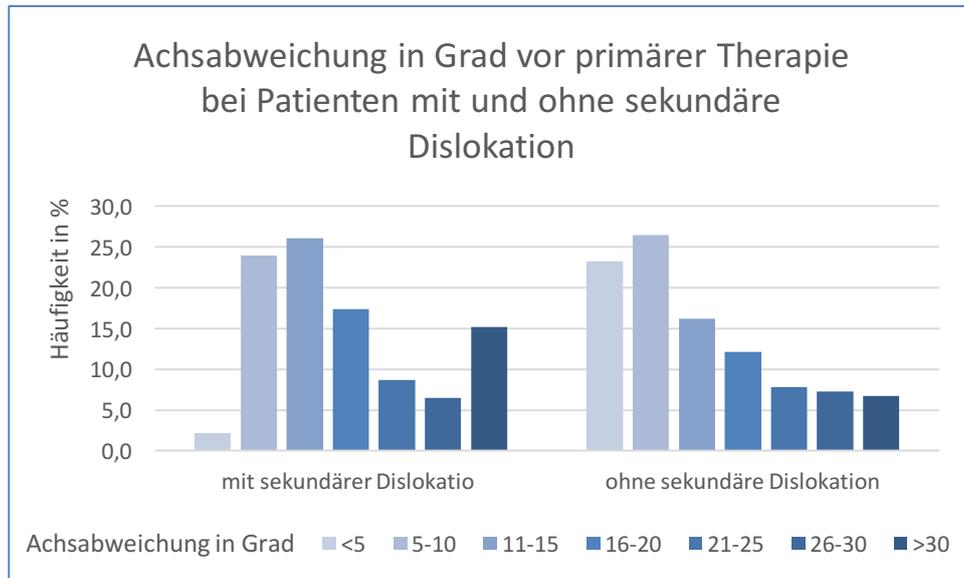


Abbildung 39: Achsabweichung in Grad vor primärer Therapie bei Patienten mit und ohne aufgetretene sekundäre Dislokation

Bei diesem Datensatz (vgl. Abb. 28) fällt auf, dass bei den Patienten, bei denen im späteren Verlauf eine sekundäre Dislokation als Komplikation auftrat, vor Therapie große Achsabweichungen von  $> 30$  Grad deutlich häufiger zu messen waren, als bei der Patientengruppe, bei der diese Komplikation ausblieb. Dafür waren bei dieser Patientengruppe die geringeren Achsabweichungen im Bereich  $< 5 - 10$  Grad häufiger anzutreffen.

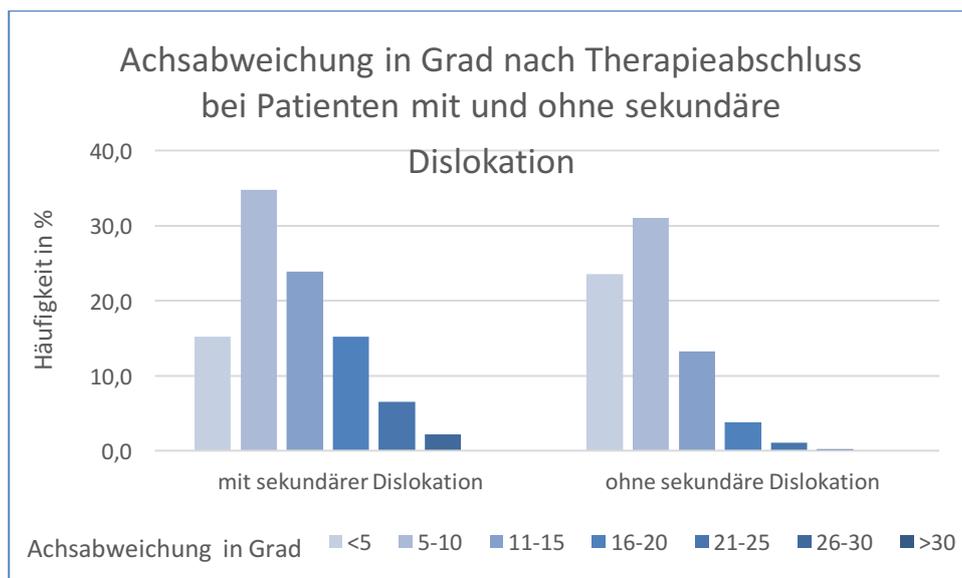


Abbildung 40: Achsabweichung in Grad nach Therapie bei Patienten mit und ohne aufgetretene sekundäre Dislokation.

Abb. 29 zeigt, dass bei den Patienten, die keine sekundäre Dislokation aufwiesen im Abschlussröntgenbild weniger häufig größere Achsabweichungen über 16 Grad auftraten, als bei der Patientengruppe, die eine sekundäre Dislokation im Verlauf erlitten hatte.

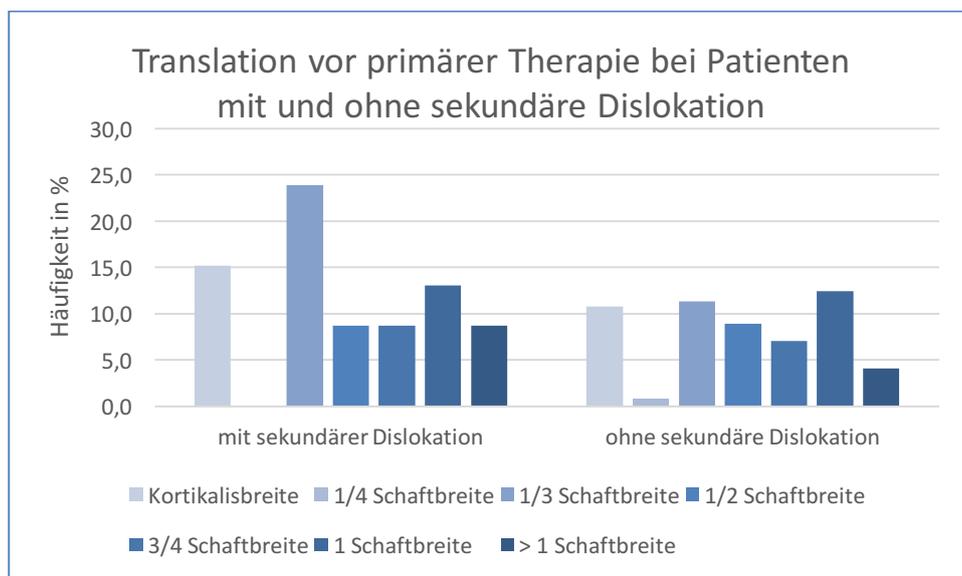


Abbildung 41: Seitliche Verschiebung vor primärer Therapie bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation

Hier ist zu sehen, dass es bei den Patienten, die später eine sekundäre Dislokation erlitten, insgesamt häufiger eine seitliche Verschiebung vor Therapie vorlag, als bei der Patientengruppe ohne sekundäre Dislokation. Die Häufigkeit für ein Dislokationsausmaß von 1 Kortikalbreite,  $1/3$ , sowie  $> 1$  Schaftbreite fällt in der ersten Gruppe deutlich höher aus. Für die anderen Translations-Grade ist das Auftreten in beiden Gruppen nahezu gleich.

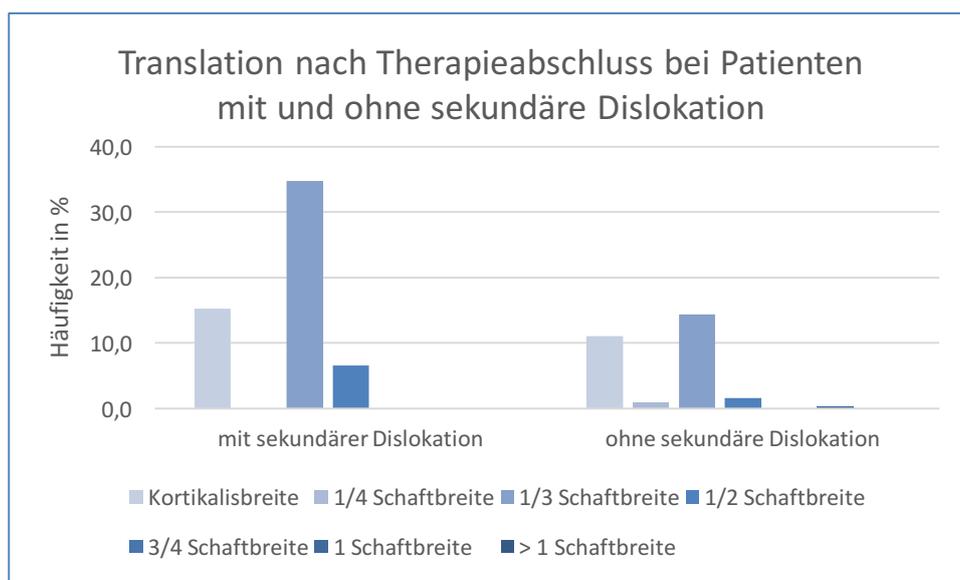


Abbildung 42: Seitliche Verschiebung nach Therapieabschluss bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation

Hier zeigt sich, dass es bei Patienten ohne sekundäre Dislokation nach Therapieabschluss seltener zur seitlichen Verschiebung kam als bei denen mit sekundärer Dislokation. Die Dislokation lag dabei am häufigsten in einem Bereich von  $1/3$  Schaftbreite.

### 3.3 Therapieergebnisse

Um Aufschluss über den Erfolg der Therapie zu gewinnen, wurde eine detaillierte Auswertung der Röntgenaufnahmen durchgeführt. Die Röntgenbilder, welche vor der primären Therapie angefertigt wurden, wurden mit den Aufnahmen verglichen, die im Schnitt 4 Wochen nach primärer Therapie aufgenommen wurden. Die Patienten wurden in verschiedene Altersgruppen aufgeteilt, da der Grad der

Fehlstellung, der nach Therapie akzeptiert werden kann, vom Alter des Patienten abhängt. Die Gruppe der 0-5-jährigen kam dabei auf eine Stärke von 81 Patienten, die Gruppe der 6-11-jährigen auf 228 Patienten und die Gruppe der 12-16-jährigen auf 109 Patienten.

### 3.3.1 Ruhigstellung ohne Reposition:

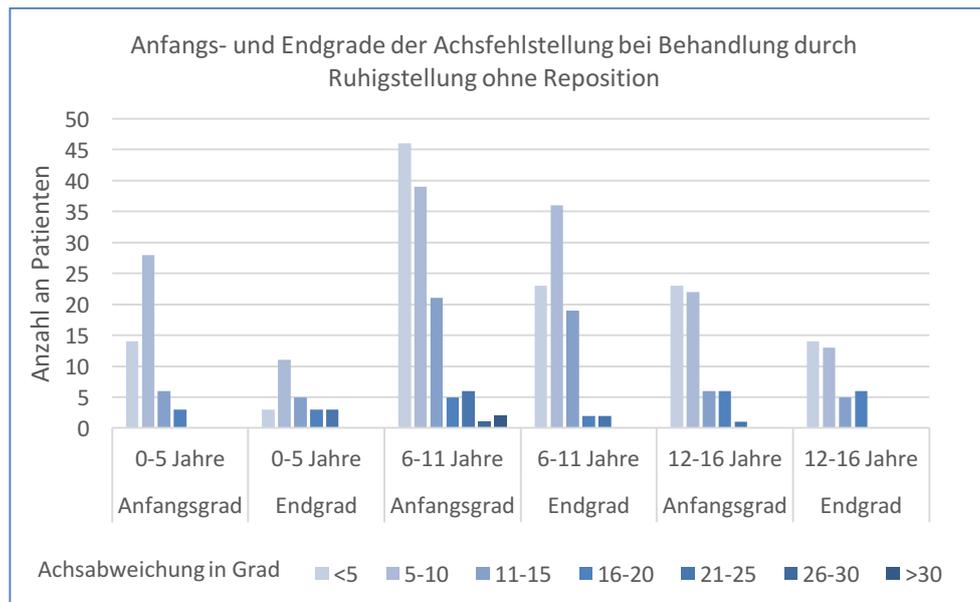


Abbildung 43: Achsfehlstellung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Ruhigstellung ohne Reposition

Abbildung 32 zeigt die Achsstellung vor Therapie und 4 Wochen nach Therapie, jeweils unterteilt in verschiedene Altersgruppen. Insgesamt fällt auf, dass die Summe an Gradabweichungen nach Therapie geringer ist als vor der Therapie. In der Gruppe der 0-5-jährigen sind allerdings nach Therapie deutlich mehr Achsabweichungen im Bereich von 21-25 Grad vorhanden als vor Therapie. Bei den anderen beiden Altersgruppen nehmen die höhergradigen Achsabweichungen dagegen ab.

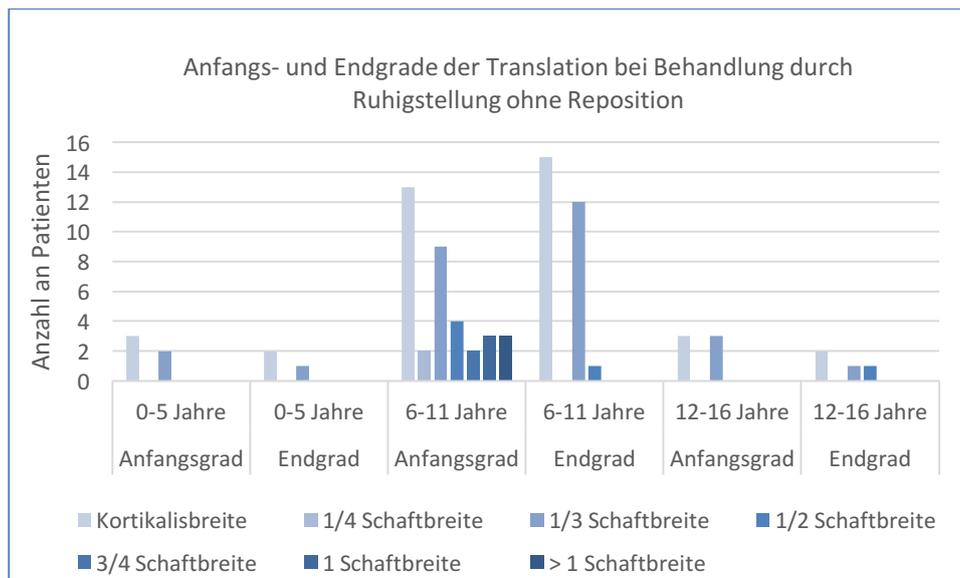


Abbildung 44: Seitliche Verschiebung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Ruhigstellung ohne Reposition

Beim Blick auf das Ausmaß der seitlichen Dislokation vor und nach Therapie ist klar zu sehen, dass in allen drei Altersgruppen die Translation nach Therapie deutlich geringer ausfällt als vor der Therapie.

Nach konservativer Ruhigstellung lagen 13 Fälle außerhalb der dem Alter entsprechenden Therapieerwartungen. 11 Patienten wiesen nach Therapieabschluss eine zu große Achsabweichung auf, 2 Patienten eine zu große Translation. Bei 229 auf diese Weise behandelten Patienten ergibt das einen Anteil von ca. 6 % unbefriedigend ausgefallener Therapieergebnisse. Damit konnte bei 216 Patienten, also einem Anteil von ca. 94% den Therapieerwartungen entsprochen werden.

### 3.3.2 Ruhigstellung mit Reposition

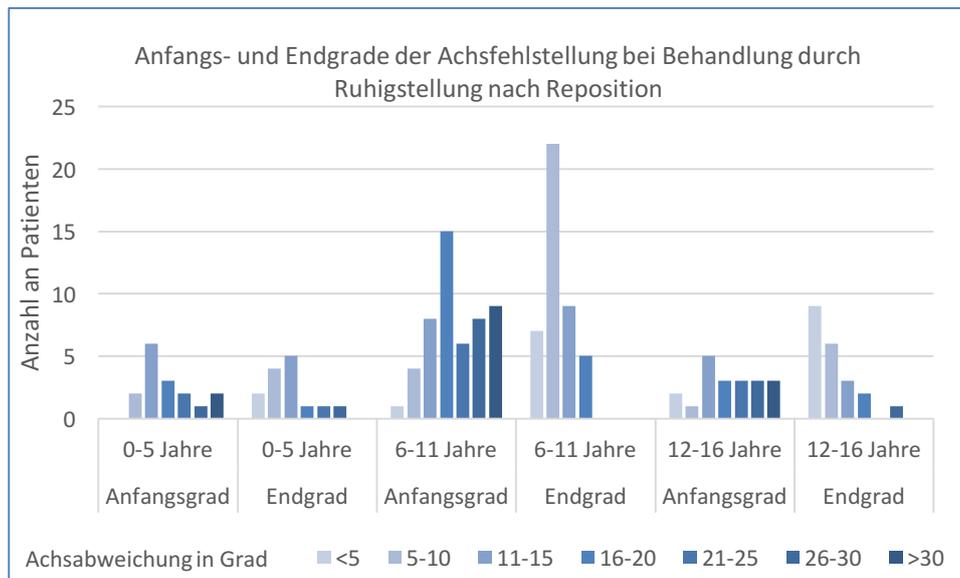


Abbildung 45: Achsfehlstellung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Reposition und Ruhigstellung

In der Gruppe der 0-5-jährigen nimmt die Anzahl an höhergradigen Achsabweichung > 16 Grad insgesamt nach Therapie ab. In der Gruppe der 12-16-jährigen ist dies ebenfalls der Fall. Am deutlichsten fällt der Unterschied jedoch bei den 6-11-jährigen aus.

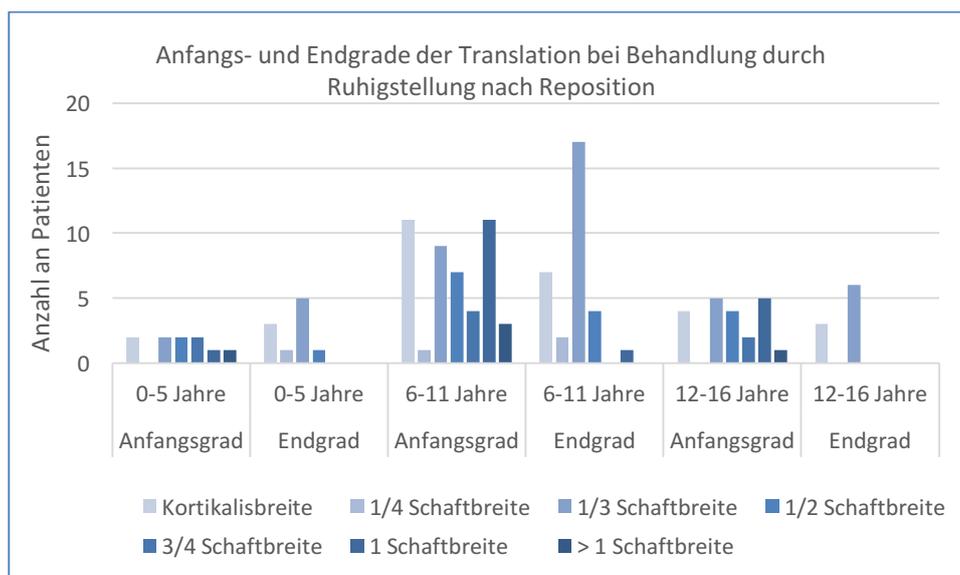


Abbildung 46: Seitliche Verschiebung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Reposition und Ruhigstellung

Bei allen 3 Altersgruppen zeigt sich, dass die höhergradigen Translationen vor Therapie stärker vertreten sind, als nach der Therapie. Auch die Gesamtzahl an Fällen mit Translation nimmt im Falle der 6-11-jährigen und der 12-16-jährigen ab. In der Gruppe der 0-5-jährigen bleibt die Anzahl gleich.

In 11 Fällen konnte kein ausreichend gutes Therapieergebnis erreicht werden. Bei 6 Patienten lag die verbliebene Achsabweichung über dem zu erwartenden Korrekturpotential, 5 Patienten wiesen eine zu große seitliche Dislokation auf. Insgesamt wurde diese Art der Therapie bei 88 Patienten angewandt. Somit konnte bei 12,5 % das Therapieziel nicht erreicht werden. Dagegen konnte bei 77 Patienten (ca. 87,5 %) ein zufriedenstellendes Ergebnis beobachtet werden.

### 3.3.3 Osteosynthese

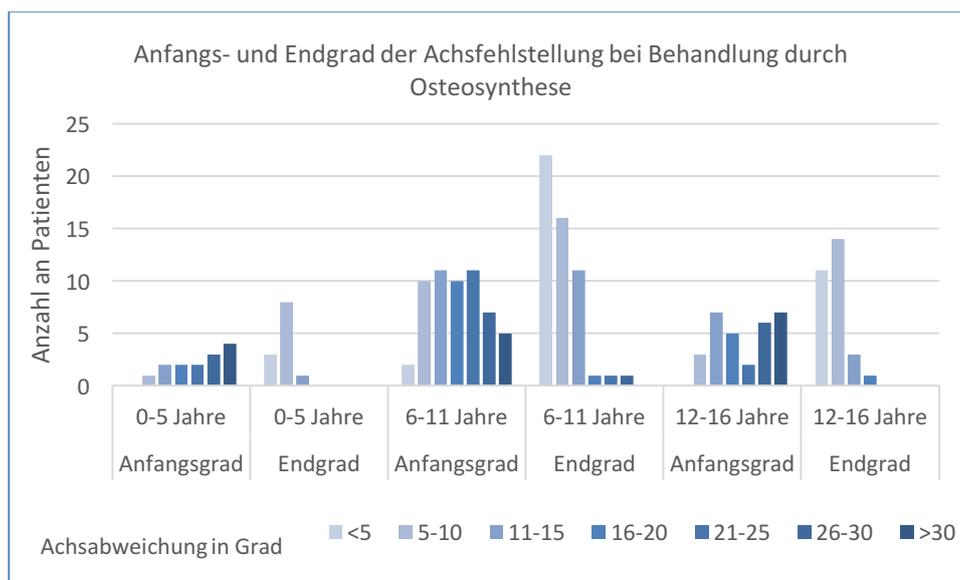


Abbildung 47: Achsfehlstellung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Osteosynthese

Vergleicht man die Achsabweichungen vor der Therapie mit denen nach Therapie, ist in allen 3 Altersgruppen zu sehen, dass die höhergradigen Achsabweichungen (> 16 Grad) nach Therapie deutlich abnehmen. In der Gruppe der 0-5-jährigen und der 6-11-jährigen nimmt die Gesamtanzahl von Achsfehlstellungen ab, in der Gruppe der 12-16-jährigen bleibt sie etwa gleich. Nach Therapie ist hier jedoch das Ausmaß der Achsabweichungen deutlich geringer.

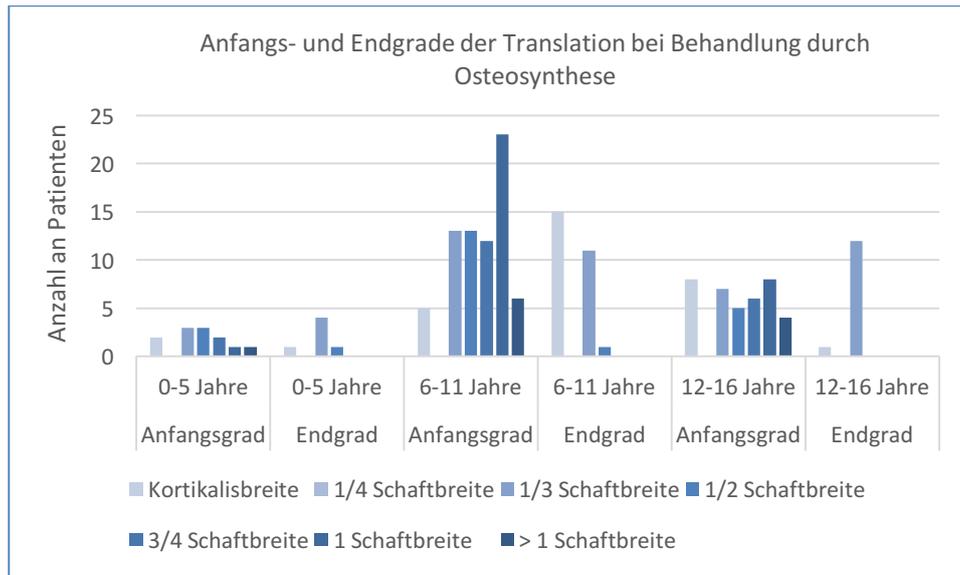


Abbildung 48: Seitliche Verschiebung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Osteosynthese

Abb. 37 zeigt deutlich, dass die Fälle mit höhergradiger seitlicher Verschiebung in allen 3 Altersgruppen durch die Therapie abgenommen haben. Auch die Gesamtzahl der von Translation betroffenen Patienten ist deutlich gesunken.

Ein osteosynthetisches Verfahren wurde bei 101 Patienten angewandt. 5 dieser Fälle (ca. 5 %) wiesen bei Therapieabschluss kein zufriedenstellendes Ergebnis auf. Bei 4 der 5 Patienten verblieb eine zu große Achsabweichung, bei einem Patienten eine zu große Translation. Dagegen konnte das Resultat bei 96 Patienten (ca. 95 %) als gut bis sehr gut bezeichnet werden.

## 4 Diskussion

Die vorliegende Studie weist mit 418 Patienten eine große Fallzahl auf. Außerdem wurde ein langer Untersuchungszeitraum von 12 Jahren gewählt.

Die Ergebnisse der Altersuntersuchung decken sich mit denen ähnlicher Arbeiten [17, 39], auch hier waren die Patienten am häufigsten um 10 Jahre alt. Andere Quellen [6] beschreiben den Altersgipfel distaler Unterarmfrakturen um das 13. und 14. Lebensjahr. Tatsächlich waren die 13-jährigen mit einer Häufigkeit von 10,8 % nach den 10-jährigen am zweithäufigsten betroffen, wohingegen die 14-jährigen auf einen Anteil von nur 5,7 % kamen. Die Ergebnisse stimmen mit der Meinung von Kraus et al., Katzer et al. und Wieser [6, 9, 17, 39] überein, dass am häufigsten Kinder im präpubertären bzw. frühpubertären Alter von distalen Radiusfrakturen betroffen sind.

In der vorliegenden Studie waren 33 % der Patienten weiblich und 67 % männlich. Das entspricht einem Verhältnis von nahezu 1:2 zugunsten des männlichen Geschlechts. Die Dominanz der männlichen Patienten findet sich auch in [6, 9, 39]. Dies scheint plausibel, wenn man sich die höhere Risikobereitschaft von Jungen vor Augen hält.

Der linke Arm war mit 57 % der Fälle häufiger betroffen als der rechte Arm mit 43 %. Katzer et al., und Wieser [17, 39] kommen zu sehr ähnlichen Verhältnissen.

Blickt man auf die Monate, in denen es zu den meisten Frakturen kam, zeigt sich eine Häufung im Frühling und Frühsommer, also in der Zeit von April bis Juli. Laut Wieser [39] kommt es im April und Juli zu den meisten Frakturen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass hier wieder viele Aktivitäten im Freien möglich sind und die Kinder sich mehr bewegen als in den kälteren Monaten.

Die meisten jungen Patienten mit distaler Radiusfraktur wurden am Abend von 17-21 Uhr aufgenommen. Dies passt auch zu der Beobachtung, dass die meisten Unfälle während des Freizeitsports stattfanden. Diesem wird eher am Nachmittag nachgegangen, sodass die nach Unfall notwendige ärztliche Versorgung am Abend in Anspruch genommen wird. Nur 16 % der Unfälle ereigneten sich in der Schule bzw. im Kindergarten, also eher zu einer früheren Tageszeit.

Die Häufigkeit der Unfallszenarien deckt sich mit den Erkenntnissen von Keßler et al., Kraus et al. sowie Wieser [5, 6, 39]: der Sport und insbesondere Fußball gelten als Unfallursache Nummer eins.

Der überwiegende Anteil (83 %) der Unfälle geschah in Extension. Zu einer Flexionsfraktur kam es deutlich seltener (15 %). Dies stimmt mit der Meinung von Kraus et al., Wieser, Keel et al. sowie Niethard et al. [7, 39-41] überein.

Bei der Untersuchung der Frakturarten, lag die Wulstfraktur mit einem Anteil von ca. 45 % vor der geschlossenen Fraktur ohne weitere Besonderheiten mit ca. 35 %. Auf Platz drei fand sich die Aitken I-Fraktur mit etwa 14 %. Offene Frakturen und Grünholzfrakturen waren mit etwa 3 % selten. Dass die Grünholzfrakturen so selten zu beobachten waren, rührt wahrscheinlich daher, dass der Fokus dieser Studie auf distalen Radiusfrakturen lag, die meist den Bereich der Metaphyse betreffen. Grünholzfrakturen finden sich jedoch häufiger im Schaftbereich [24]. Laut Wieser [39] kamen am häufigsten geschlossene Frakturen ohne Besonderheiten vor, gefolgt von den Aitken I-Frakturen. Die entsprechende Studie schloss nicht-dislozierte Frakturen aus, was erklärt warum Wulstfrakturen eher selten vorkamen. In der vorliegenden Studie machen die nicht-dislozierten Frakturen dagegen einen Anteil von 20% aus. Das erklärt den hohen Anteil an Wulstfrakturen.

Der Anteil an kompletten Unterarmfrakturen war mit 48 % fast so hoch wie der Anteil der isolierten Radiusfrakturen mit 49 %. Der Humerus war nur in 3 % der Fälle mitbetroffen. Zu einem ähnlichen Ergebnis mit 50,9 % kompletter Unterarmfrakturen und 49,1 % isolierter Radiusfrakturen kommt auch Wieser [39]. Laut Katzer et al. [17] liegt das Verhältnis von isolierter Radiusfraktur zu kompletter Unterarmfraktur bei 59,1 % zu 36,7 %.

Am häufigsten erfolgte eine Disklokation in Richtung dorsal, gefolgt von radial. Dies passt zum Überwiegen des Extensionsmechanismus. Bei der Extensionsfraktur ist eine Dislokation nach dorsal und radial typisch [19]. Dislokationen nach palmar oder ulnar waren weitaus seltener.

Die Fraktur betraf meist den Bereich der Metaphyse, dies passt zur häufig vertretenen Wulstfraktur, die meist im Bereich der Metaphyse auftritt [23, 24].

Bei den Begleitverletzungen war die gleichzeitige Fraktur der Ulna am häufigsten, gefolgt von der Epiphyseolyse des Radius bzw. einer Fraktur des Processus styloideus ulnae.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die epidemiologischen Daten der distalen Radiusfrakturen im Kindesalter, die im Uniklinikum Würzburg in den letzten 12 Jahren behandelt wurden, ähnlich den Ergebnissen vergleichbarer Studien waren. Es zeigten sich keine nennenswerten Abweichungen.

Primäres Ziel dieser Studie sollte die objektive Betrachtung der Therapiestrategien am Uniklinikum Würzburg und die Frage nach deren Erfolg im Umgang mit distalen Radiusfrakturen bei Kindern sein. In den letzten Jahren hat ein Wandel bezüglich der Einstellung zur operativen Versorgung von distalen Radiusfrakturen im Kindesalter stattgefunden. Wo früher oft die Wahl zugunsten eines konservativen Verfahrens ausfiel, wird aktuell bevorzugt osteosynthetisch vorgegangen.

Interessant schien daher die Untersuchung des Wandels, den die Therapie distaler Radiusfrakturen in den letzten 12 Jahren durchlaufen hat.

Seit 2006 ist eine stetige Abnahme der Anwendungshäufigkeit konservativer Therapien zu beobachten. Dagegen hat die operative Versorgung anteilmäßig deutlich zugenommen. 2017 lag das Verhältnis von konservativer Ruhigstellung zu osteosynthetischer Versorgung bei nahezu 40 % zu 60 % (vgl. 3.2.3).

In der vorliegenden Studie beruht der Rückgang der konservativen Therapie vor Allem darauf, dass die Reposition in Vollnarkose ohne das Einbringen osteosynthetischen Materials seit 2011 immer seltener eingesetzt wurde bzw. seit 2015 gar keine Anwendung mehr fand.

Die Wahl der definitiven, osteosynthetischen Versorgung bei Notwendigkeit einer Reposition unter Vollnarkose, stimmt mit aktuellen Empfehlungen überein [32] [27].

Eine interessante Frage, die sich aus diesem Wandel des Therapieregimes ergibt, ist, ob sich auch das Outcome und die Komplikationsrate verändert haben. Dies soll im Weiteren näher diskutiert werden.

Die sekundäre Dislokation stellt eine wichtige Komplikation der distalen Radiusfraktur dar, die den weiteren Therapieverlauf und -erfolg gravierend beeinflusst.

Bei einer Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Art der primären Versorgung wird daher auch abgewogen, wie wahrscheinlich die individuelle Fraktur von dieser Komplikation bedroht ist. Eine niedrige Rate von sekundären Dislokationen kann als Erfolg bezüglich dieser Entscheidungsfindung und als Qualitätsmerkmal der Therapie verstanden werden.

Über alle 418 Fälle hinweg trat die sekundäre Dislokation bei 11 % aller Patienten auf. In einer vergleichbaren Studie der LMU München [39] waren bei insgesamt 393 untersuchten Fällen 36,4 % von einer sekundären Dislokation betroffen. Hier sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die Münchener Studie ausschließlich Patienten einschloss, die eine initiale Dislokation und damit ein erhöhtes Risiko für eine sekundäre Dislokation aufwiesen. Die vorliegende Studie beinhaltet dagegen 20 % primär nicht-dislozierte Frakturen. Trotzdem stellt ein Anteil von 11 % im Vergleich eine geringe Komplikationsrate dar. Andere Autoren sprechen von einer Häufigkeit von 11-39 % [4, 31, 38]. Diese Ergebnisse sprechen also für die Vorgehensweise am UKW.

2006 kam es laut Datenlage bei nur 12 % zu einer sekundären Dislokation. 2007 ist kein einziger Fall vermerkt. Dagegen kam es in den Jahren 2008-2010 zu eher hohen Komplikationsraten mit 20-29 %. Die Werte von 2006-2010 zeigen eine große Varianz. Ein Grund könnte eine unvollständige Datenlage sein. Wie bereits erwähnt wurden z.B. 2007 Gipskeilungen über eine Woche nach primärer Therapie durchgeführt, ohne jedoch die Diagnose einer sekundären Dislokation zu stellen. Weitere Gründe für die breite Streuung der Werte könnten eine lückenhafte Nachkontrolle oder die nicht eindeutige Definition der Diagnose sekundäre Dislokation sein. So würde in einem Fall diese Diagnose gestellt werden in einem ähnlichen aber nicht. Dies könnte auch erklären, warum 2007 kein einziger Fall von sekundärer Dislokation in den Akten vermerkt war. Nach 2013 schwanken die Werte nur noch in einem Rahmen von 10-15 %, die Varianz ist geringer. Grund hierfür könnte eine eindeutige und vollständige Befunderfassung und eine klare Definition der sekundären Dislokation sein.

Insgesamt zeigt die vorliegende Studie, dass sekundäre Dislokationen in den untersuchten 12 Jahren tendenziell zunehmend seltener auftraten. In den Jahren 2008-2010 war die sekundäre Dislokation etwa 2-3 x so häufig wie in den Jahren 2011-2015. Dies kann als Folge der häufiger angewandten Stabilisierung des

Repositionsergebnisses durch Osteosyntheseverfahren gesehen werden. Laut Sengab et. al und Ozcan et. al [35, 42] ist das Risiko einer sekundären Dislokation bei Einsatz von Kirschner-Drähten deutlich geringer als bei rein konservativem Vorgehen. 2016 und 2017 kam es zu einem diskreten Anstieg der Komplikationsrate von ca. 10 % auf 15 %. Dies könnte jedoch auch daran liegen, dass eine veränderte Stellung in einem Verlaufsrontgenbild zunehmend strenger beurteilt wurde. Gerade in den letzten Jahren kam es auf diese Weise häufig dazu, dass man aufgrund des Röntgenbildes zwar eine sekundäre Dislokation diagnostizierte, jedoch kein Therapiewechsel oder anderweitiges Einschreiten notwendig wurde. Notwendig war eine sekundäre Therapie 2015 und 2016 in 8 % der Fälle, 2017 in 9 %. Hier gab es also keinen wesentlichen Anstieg.

Die Untersuchung bezüglich der Notwendigkeit einer sekundären oder tertiären Therapie über die letzten 12 Jahre (vgl. 3.2.8) zeigt, dass seit 2014 eindeutig weniger sekundäre oder gar tertiäre Therapien notwendig waren, als in den Jahren davor. Bis 2013 kam es deutlich häufiger dazu, dass eine sekundäre Therapie durchgeführt werden musste. Auch zu tertiären Therapien kam es bis 2013 regelmäßig. Seit 2014 ist erstens die Häufigkeit von sekundären Therapien deutlich geringer und zweitens kam es in keinem einzigen Fall zur Notwendigkeit einer tertiären Therapie. Dies kann in Zusammenhang damit gebracht werden, dass in den letzten Jahren eine sogenannte definitive Therapie bevorzugt wurde. Kam es unter konservativer Therapie zur sekundären Dislokation, wurde auf eine osteosynthetische Versorgung umgestiegen, was die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Dislokation deutlich minimierte und damit keine tertiäre Therapie mehr erforderlich machte. War eine Reposition im OP-Saal unter Vollnarkose notwendig, entschied man sich gezielt für das Einbringen von Kirschner-Drähten, um das Repositionsergebnis zu stabilisieren, was die Wahrscheinlichkeit minimierte, dass eine erneute Therapie notwendig wurde.

Dieses Vorgehen der definitiven Versorgung entspricht aktuellen Empfehlungen: [4, 27]

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass eine sekundäre Dislokation viel seltener (3,5 %) bei einem osteosynthetischen Vorgehen auftrat als bei einem konservativen Vorgehen (Gippschienung ohne Reposition: 11,7 % Gippschienung

mit Reposition: 22,5 %) und stimmt darin mit den Ergebnissen von Sengab et al. [35] überein. In den wenigen Fällen, in denen eine sekundäre Dislokation nach osteosynthetischer Versorgung diagnostiziert wurde, war außerdem nie ein Therapiewechsel notwendig.

Hier scheint die osteosynthetische Versorgung dem konservativen Vorgehen überlegen zu sein.

Allerdings konnte auch beobachtet werden, dass im Falle einer osteosynthetischen Therapie im Mittel sowohl mehr Röntgenaufnahmen gemacht wurden, als auch ein längerer Aufenthalt im Krankenhaus notwendig war. Kam es allerdings bei konservativem Vorgehen zu einer sekundären Dislokation, war auch hier ein längerer Aufenthalt nötig und es wurden mehr Röntgenbilder angefertigt. Die Ursache für den längeren Aufenthalt bei osteosynthetischer Therapie kann darin gesehen werden, dass für die Entfernung des Osteosynthesematerials ein zusätzlicher operativer Eingriff mit eventuellem stationärem Aufenthalt notwendig ist. Man sollte jedoch auch bedenken, dass es sich bei osteosynthetisch zu versorgenden Frakturen in der Regel um gravierendere Verletzungen handelt, die wiederum oft aus einem schweren Unfall mit Begleitverletzungen resultieren. So wird beispielweise ein Kind mit begleitender Commotio cerebri zusätzlich überwacht und bleibt daher unter Umständen länger im Krankenhaus als es die Fraktur an sich verlangen würde.

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass Patienten, bei denen eine sekundäre Dislokation auftrat, insgesamt häufiger von gravierenderen primären Achsabweichungen betroffen waren, als Patienten, bei denen eine sekundäre Dislokation ausblieb (vgl. 3.2.17). Dies stimmt mit den Aussagen von Asadollahi et al. [38] überein, die von einem erhöhten Risiko ab einer initialen Achsabweichung  $> 10^\circ$  ausgehen. Auch McQuinn et al. [31] sehen die initiale Dislokation als entscheidenden Risikofaktor für eine sekundäre Dislokation. Die vorliegende Studie konnte des Weiteren zeigen, dass auch nach sekundärer Dislokation eine deutliche Verbesserung der Stellung durch erneute Therapie erreicht werden konnte, sowohl bezüglich Achsabweichung als auch seitlicher Verschiebung, sodass trotz Komplikation ein befriedigendes Ergebnis erreicht wurde.

Vergleicht man die durchschnittlichen OP-Zeiten, so konnte eine Reposition in

Vollnarkose ohne das Einbringen von osteosynthetischem Material im Schnitt in 22,5 min, eine Reposition mit Einbringen von Kirschner-Drähten dagegen in 25,7 min durchgeführt werden. Die Patienten waren also im Schnitt beim osteosynthetischen Vorgehen unwesentlich länger in Narkose, als bei konservativer Vorgehensweise. Wobei erwähnt werden sollte, dass das Osteosynthesematerial unter erneuter Narkose entfernt werden muss.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die vermehrte Anwendung einer osteosynthetischen Therapie zu einem leichten Rückgang des Auftretens der sekundären Dislokation geführt hat. Es ist erkennbar, dass die Rate dieser Komplikation in den letzten Jahren stabil im niedrigen Prozentsatz gehalten werden konnte. Die Daten zeigen außerdem, dass die neuen Therapiestrategien wirkungsvoll bei der Prävention eines erneuten Eingriffes waren: sekundäre oder tertiäre Therapien waren insbesondere seit 2014 weniger bzw. gar nicht mehr notwendig. Dies kann durchaus als Erfolg der vermehrt eingesetzten osteosynthetischen Verfahren gesehen werden.

Um die Therapieergebnisse zu untersuchen, wurden die Achsabweichungen und die Translationen vor bzw. nach Therapie bei Anwendung unterschiedlicher Therapieverfahren untersucht. Hier lässt sich sagen, dass sich die Endergebnisse nach osteosynthetischer Therapie und nach konservativer Reposition ähneln. Interessant ist hier die Frage, ob auch nach Therapie noch hochgradige Achsabweichungen oder Translationen vorliegen: nach konservativer Reposition gab es zwei Patienten unter den 0-5-jährigen mit Achsabweichungen  $> 20$  Grad. Dies erscheint zunächst unbefriedigend. Es ist jedoch aufgrund des hohen Korrekturpotentials in diesem Alter von einem guten Endergebnis nach einigen Monaten auszugehen. Bei den 12-16-jährigen gab es einen Fall mit einer Achsabweichung  $> 25$  Grad und zwei mit einer Achsabweichung  $> 15$  Grad. Hier ist aufgrund des fortgeschrittenen Alters nicht mit einer ausreichenden Korrektur durch Remodelling zu rechnen. Das Ergebnis ist ungenügend. Insgesamt kam es nach konservativer Reposition in 11 Fällen zu einem unbefriedigenden Ergebnis, da die Dislokation nach Therapieabschluss das Potential der Selbstkorrektur überschritt. Das entspricht bei 88 Patienten, bei denen diese Methode angewandt wurde, 12,5 %. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei ca. 87,5 % der Patienten ein gutes Ergebnis erzielt werden konnte.

Blickt man auf die Ergebnisse der osteosynthetischen Versorgung, so gab es in der Gruppe der 0-5-jährigen keinen Fall mit höhergradiger Achsabweichung nach Therapie. Bei den 6-11-jährigen gab es jeweils einen Fall mit einer Achsabweichung  $>16$ ,  $> 21$  und  $> 26$  Grad. Hier ist aufgrund des Alters davon auszugehen, dass eine befriedigende Korrektur nach einigen Monaten stattgefunden haben wird. Bei den 12-16-jährigen gibt es einen Fall mit einer Achsabweichung  $> 16$  Grad, was aufgrund des Alters ein unbefriedigendes Ergebnis darstellt.

Blickt man auf die seitliche Verschiebung nach Therapie gibt es im Falle der Osteosynthese einen Fall mit ungenügendem Ergebnis. Bei konservativer Reposition unter den 6-11-jährigen gibt es 4 Fälle mit einer Translation von  $\frac{1}{2}$  und einen mit einer Translation von 1 Schaftbreite nach Therapie. Hier ist nicht von einem ausreichenden Korrekturpotential auszugehen, das Ergebnis ist unzureichend.

Es konnten nach osteosynthetischer Therapie 5 Fälle aufgezeigt werden, bei denen die Dislokation nach Therapieabschluss das Ausmaß der möglichen Selbstkorrektur überschritt. Das bedeutet, dass nicht mit einer Restitutio ad integrum zu rechnen ist. Das entspricht bei 101 osteosynthetisch behandelten Patienten einen Anteil von 5 % an Fällen mit unbefriedigendem Ergebnis. 95 % aller auf diese Weise behandelten Patienten konnten mit einem guten Ergebnis therapiert werden.

Aufgrund dieser Ausführungen scheint die Osteosynthese weniger Fälle hervor gebracht zu haben, die bei entsprechendem Alter ein ungenügendes Ergebnis aufwiesen.

Wieser [39] kommt zu dem Ergebnis, dass 79,8 % aller durch konservative Reposition behandelten Patient im letzten Röntgenbild eine Achsabweichung  $< 10$  Grad aufweisen. Bei den osteosynthetisch behandelten Patienten beträgt der Anteil 92 %. Bei 79,8 % der konservativ behandelten Patienten und 92 % der osteosynthetisch therapierten Patienten kann man also von einem guten Ergebnis sprechen. Die Studie kommt somit zu ähnlichen Ergebnissen wie die vorliegende Untersuchung.

Laut Ozcan et al. [42] gibt es nach 20 Monaten keinen Unterschied mehr bezüglich des Endresultates, wenn man die konservative und die operative Therapie vergleicht. McLauchlan et al. [43] sprechen in diesem Zusammenhang sogar von

einem Angleich schon nach 3 Monaten. Daher wäre ein Vergleich der Ergebnisse, bezüglich der Stellung nach mehreren Monaten, interessant gewesen. Im Falle einer konservativen Behandlung ist eine Röntgenaufnahme nach mehreren Monaten jedoch nicht üblich, da sie in der Regel nicht notwendig ist. Daher war dieser Vergleich im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich.

Insgesamt scheinen sowohl Osteosynthese als auch konservatives Vorgehen abgesehen von wenigen Einzelfällen zu guten Ergebnissen zu führen. Dies mag auch dadurch bedingt sein, dass die jeweiligen Verfahren in geeigneter Weise angewendet wurden und eine angemessene Indikationsstellung stattfand. Die Osteosynthese bietet aufgrund der vorliegenden Daten jedoch zu einem gewissen Grad mehr Sicherheit bezüglich des Endergebnisses.

## 5 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden retrospektiven Studie wurden die Fälle von 418 Patienten mit distaler Radiusfraktur untersucht. Die Patienten waren 0-16 Jahre alt und wurden in den Jahren 2006-2017 im Uniklinikum Würzburg behandelt. Aufgrund der hohen Fallzahl und des langen Beobachtungszeitraumes war ein umfassender Blick auf Epidemiologie, Therapiestrategien, Komplikationen und Therapieergebnisse möglich. Die Ergebnisse der epidemiologischen Untersuchung stimmen mit denen vergleichbarer Studien überein. Von besonderem Interesse war die Analyse von Veränderungen in der Wahl der primären Therapie und die Erfassung der entsprechenden Folgen. Es konnte gezeigt werden, dass der Anteil operativ versorgter Frakturen in den letzten 12 Jahren deutlich zugenommen hat. Konservative Repositionen unter Vollnarkose, ohne die osteosynthetische Stabilisierung des Repositionsergebnisses, wurden dagegen immer seltener durchgeführt. Eine Folge dieses veränderten Therapieansatzes war, dass deutlich weniger sekundäre Eingriffe zur Korrektur nach sekundärer Dislokation notwendig waren. Tertiäre Eingriffe, um eine zweite sekundäre Dislokation zu behandeln, waren seit dem Jahr 2014 nicht mehr notwendig. Das veränderte Therapieregime hat dazu beigetragen das Auftreten von sekundären Dislokationen zu reduzieren. Die Häufigkeit dieser Komplikation ist in den letzten Jahren stabil gewesen und mit einem Wert von 15 % im Jahre 2017 im Vergleich zu einer allgemein angenommenen Auftretenswahrscheinlichkeit von 11-39 % [31, 38] als gering anzusehen. Die Therapieergebnisse können als gut bis sehr gut bezeichnet werden. Im Falle einer Therapie durch Reposition und Ruhigstellung waren 87,5 % der Ergebnisse als gut anzusehen. Bei der Osteosynthese als primärer Therapieform konnte ein Prozentsatz von 95 % ermittelt werden. Beide Therapieformen wurden also Erfolg führend eingesetzt, wobei die Osteosynthese nach diesen Ergebnissen geringfügig sicherer erscheint als die konservative Reposition mit Ruhigstellung. Zusammengefasst kann von einer positiven Entwicklung im Hinblick auf Komplikationsfolgen und Therapieergebnisse gesprochen werden.

---

## 6 Literaturverzeichnis

1. I. Helenius, T. S. Lamberg, S. Kaariainen, A. Impinen, and M. P. Pakarinen, *Operative treatment of fractures in children is increasing. A population-based study from Finland.* J Bone Joint Surg Am, 2009. 91(11): p. 2612-6.
2. B. V. C. Illian, C. Chylarecki, *Osteosyntheseverfahren in der Kinder- und Jugendtraumatologie.* Deutscher Ärzte-Verlag, 2013. 2 (12).
3. L. M. Hove and C. Brudvik, *Displaced paediatric fractures of the distal radius.* Arch Orthop Trauma Surg, 2008. 128(1): p. 55-60.
4. D. Großmann and W. Barthlen, *Dislozierte distale Unterarmfraktur im Kindesalter.* Trauma und Berufskrankheit, 2014. 16(2): p. 197-201.
5. D. M. Keßler, *Häufigste Frakturen des Ober- und Unterarms bei Kindern und Jugendlichen.* Infoletter Kinderchirurgie, 2007. 03/Okttober 2007.
6. R. Kraus, D. Schneidmüller, and C. Röder, *Häufigkeit von Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter.* Deutsches Ärzteblatt, 2005. 102(12).
7. R. Kraus, *Distale Radiusfraktur im Wachstumsalter.* Trauma und Berufskrankheit, 2014. 16(1): p. 53-60.
8. W. E. Linhart and L. von Laer, *Allgemeine Gesichtspunkte zur kindorientierten Behandlung von Verletzungen.* Der Orthopäde, 2005. 34(11): p. 1169-1185.
9. G. Fitze and P. Schmittenebecher, *S1-Leitlinie: Unterarmschaftfrakturen im Kindesalter.* AWMF online, 2016.
10. R. Berchtold, H. Hamelmann, H.-J. Peiper, H.-P. Bruch, and O. Trentz, *Chirurgie.* Vol. 5th. 2006, München: Elsevier. p. 337-345.
11. Z. Zachariou, *Modern Treatment of Paediatric Limb Fractures.* Scandinavian Journal of Surgery, 2011. 100(4): p. 279-302.
12. K. E. Wilkins, *Principles of fracture remodeling in children.* Injury, 2005. 36 Suppl 1: p. A3-11.
13. R. K. L. von Laer, W.E. Linhart, *2 Korrekturmechanismen des wachsenden Skeletts,* in *Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter,* L. von Laer, R. Kraus, and W.E. Linhart, Editors. 2007, Georg Thieme Verlag: Stuttgart.
14. R. Zimmermann, M. Gschwentner, F. Kralinger, R. Arora, M. Gabl, and S. Pechlaner, *Long-term results following pediatric distal forearm fractures.* Arch Orthop Trauma Surg, 2004. 124(3): p. 179-86.

15. R. Zimmermann, M. Gabl, M. Gschwentner, and S. Pechlaner. *Spätfolgen nach Frakturen im distalen Unterarmdrittel im Wachstumsalter*. in *Digitale Revolution in der Chirurgie*. 2002. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
16. P. Biberthaler and H.-J. Oestern, *Traumatologie*, in *Duale Reihe Chirurgie*, D. Henne-Bruns, Editor. 2012, Georg Thieme Verlag.
17. A. Katzer, N. M. Meenen, M. Dallek, A. Heusinger, and J. M. Rueger, *Die Behandlung von Unterarmfrakturen bei Kindern*. 1999.
18. M. Heinrich and S. K., *Kinderchirurgie Basiswissen und Praxis*. 2008: Zuckschwerdt Verlag. p. 231-233, p. 256-260.
19. U. Mommsen, J. Meentken, P. Mommsen, and D. Holzrichter, *Radiusextensionsfraktur (Colles-Fraktur, Radiusfraktur „loco typico“)*, in *Kurzlehrbuch Chirurgie*, V. Schumpelick, N. Bleese, and P. Mommsen, Editors. 2010, Georg Thieme Verlag.
20. U. Mommsen, J. Meentken, P. Mommsen, and D. Holzrichter, *Radiusflexionsfraktur (Smith-Fraktur)*, in *Kurzlehrbuch Chirurgie*, V. Schumpelick, N. Bleese, and P. Mommsen, Editors. 2010, Georg Thieme Verlag.
21. P. Biberthaler and H.-J. Oestern, *Offene Fraktur*, in *Duale Reihe Chirurgie*, D. Henne-Bruns, Editor. 2012, Georg Thieme Verlag.
22. K. W. Ashkraft, J. P. Murphy, R. J. Sharp, D. L. Sigalet, and C. L. Snyder, *Pediatric Surgery*. Vol. 3rd. 2000, USA. p. 230-235.
23. P. Biberthaler, *Typische Verletzungen und Frakturen des Kindesalters*, in *Kurzlehrbuch Pädiatrie*, M. Bald, et al., Editors. 2012, Georg Thieme Verlag.
24. F. U. Niethard, *Spezielle kindliche Frakturen*, in *Duale Reihe Pädiatrie*, L. Gortner and S. Meyer, Editors. 2018, Georg Thieme Verlag.
25. H. Lochbühler and U. Mehlig, *Allgemeine Traumatologie im Kindesalter*, in *Checkliste Chirurgie*, F. Largiadèr, H.-D. Saeger, and M.J.B. Keel, Editors. 2016, Georg Thieme Verlag.
26. U. Mommsen, J. Meentken, P. Mommsen, V. Schumpelick, and D. Holzrichter, *Dislokationsformen*, in *Kurzlehrbuch Chirurgie*, V. Schumpelick, N. Bleese, and P. Mommsen, Editors. 2010, Georg Thieme Verlag.
27. L. von Laer, R. Kraus, and W. E. Linhart, *Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter*. Vol. 6th. 2013, Stuttgart: Georg Thieme Verlag. p. 232-237.
28. R. Kerbl, R. Kurz, R. Roos, L. Wessel, and K. Reiter, *Frakturen im Kindesalter*, in *Checkliste Pädiatrie*, R. Kerbl, et al., Editors. 2015, Georg Thieme Verlag.
29. T. K. Hotz, *Osteosynthese distaler Radiusfrakturen mit der Kirschner-Draht-Osteosynthese*. OP-JOURNAL, 2003. 19(01): p. 21-27.

30. S. Asadollahi, M. Pourali, and K. Heidari, *Predictive factors for re-displacement in diaphyseal forearm fractures in children—role of radiographic indices*. *Acta orthopaedica*, 2017. 88(1): p. 101-108.
31. A. G. McQuinn and R. L. Jaarsma, *Risk factors for redisplacement of pediatric distal forearm and distal radius fractures*. *J Pediatr Orthop*, 2012. 32(7): p. 687-92.
32. R. W. Jordan and D. J. Westacott, *Displaced paediatric distal radius fractures—when should we use percutaneous wires?* *Injury*, 2012. 43(6): p. 908-11.
33. F. S. Haddad and R. L. Williams, *Forearm fractures in children: avoiding redisplacement*. *Injury*, 1995. 26(10): p. 691-692.
34. D. S. Wendling-Keim, B. Wieser, and H. G. Dietz, *Closed reduction and immobilization of displaced distal radial fractures. Method of choice for the treatment of children?* *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2015. 41(4): p. 421-8.
35. A. Sengab, P. Krijnen, and I. B. Schipper, *Displaced distal radius fractures in children, cast alone vs additional K-wire fixation: a meta-analysis*. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2018.
36. B. S. Alrashedan, A. H. Jawadi, S. O. Alsayegh, I. F. Alshugair, M. Alblaihi, T. A. Jawadi, A. A. Hassan, A. M. Alnasser, N. B. Aldosari, and M. A. Aldakhail, *Outcome of diaphyseal pediatric forearm fractures following non-surgical treatment in a Level I Trauma Center*. *Int J Health Sci (Qassim)*, 2018. 12(5): p. 60-65.
37. S. Asadollahi, K. S. Ooi, and R. C. Hau, *Distal radial fractures in children: risk factors for redisplacement following closed reduction*. *J Pediatr Orthop*, 2015. 35(3): p. 224-8.
38. S. Asadollahi, M. Pourali, and K. Heidari, *Predictive factors for re-displacement in diaphyseal forearm fractures in children—role of radiographic indices*. *Acta Orthopaedica*, 2017. 88(1): p. 101-108.
39. B. Wieser, *Die Therapie der dislozierten distalen Radiusfraktur im Kindesalter*. 2014.
40. M. J. B. Keel and J. D. Bastian, *Distale Radiusfraktur*, in *Checkliste Chirurgie*, F. Largiadèr, H.-D. Saeger, and M.J.B. Keel, Editors. 2016, Georg Thieme Verlag.
41. F. U. Niethard, J. Pfeil, and P. Biberthaler, *Distale Radiusfraktur*, in *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie*, F.U. Niethard, J. Pfeil, and P. Biberthaler, Editors. 2014.
42. M. Ozcan, S. Memisoglu, C. Copuroglu, and K. Saridogan, *Percutaneous Kirschner Wire fixation in distal radius metaphyseal fractures in children: does it change the overall outcome?* *Hippokratia*, 2010. 14(4): p. 265-270.
43. G. J. McLauchlan, B. Cowan, I. H. Annan, and J. E. Robb, *Management of completely displaced metaphyseal fractures of the distal radius in children. A prospective, randomised controlled trial*. *J Bone Joint Surg Br*, 2002. 84(3): p. 413-7.

---

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wulsfraktur .....	11
Abbildung 2: Grünholzfraktur.....	12
Abbildung 3: Aitken-1-Fraktur vor Therapie.....	14
Abbildung 4: Aitken-1-Fraktur nach Entfernung des Osteosynthesematerials.....	15
Abbildung 5: Aitken-1-Fraktur nach Kirschnerdrahtosteosynthese.....	15
Abbildung 6: Zustand nach Entfernung des Osteosynthesematerials.....	16
Abbildung 7: Kirschnerdrahtosteosynthese.....	18
Abbildung 8: Prevotnagelosteosynthese.....	19
Abbildung 9: Ausgeschlossene Fälle.....	23
Abbildung 10: Altersverteilung.....	24
Abbildung 11: Geschlechterverteilung.....	25
Abbildung 12: Betroffener Arm.....	25
Abbildung 13: Unfallmonate.....	26
Abbildung 14: Uhrzeit der Aufnahme.....	27
Abbildung 15: die häufigsten Unfallszenarien.....	28
Abbildung 16: Unfallmechanismus.....	29
Abbildung 17: Art der Fraktur.....	30
Abbildung 18: Beteiligte Knochen.....	31
Abbildung 19: Häufigkeit der Dislokation.....	31
Abbildung 20: Richtung der Dislokation.....	32
Abbildung 21: Frakturlokalisierung.....	33
Abbildung 22: Begleitverletzungen.....	34
Abbildung 23: Zeitpunkt der primären Versorgung.....	35
Abbildung 24: Häufigkeiten der primär gewählten Therapie.....	36
Abbildung 25: Wahl der primären Therapie in den vergangenen 11 Jahren.....	37
Abbildung 26: Anwendungshäufigkeit der Reposition unter Vollnarkose in den letzten 11 Jahren.....	37
Abbildung 27: Häufigkeit der sekundären Dislokation.....	38
Abbildung 28: Häufigkeit der sekundären Dislokation in den letzten 11 Jahren.....	39
Abbildung 29: Notwendigkeit einer sekundären u/o tertiären Therapie in den letzten 11 Jahren.....	40
Abbildung 30: Sekundäre Dislokation in Abhängigkeit des primären Therapieverfahrens.....	41
Abbildung 31: Auftreten einer sekundären Dislokation in verschiedenen Altersgruppen.....	41
Abbildung 32: Anzahl der stationären Tage in Abhängigkeit der primären Therapie.....	42

---

<i>Abbildung 33: Durchschnittliche Anzahl an angefertigten Röntgenaufnahmen in Abhängigkeit der primären Therapie</i> .....	43
<i>Abbildung 34: Durchschnittliche Anzahl an stationären Tagen bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation</i> .....	44
<i>Abbildung 35: Durchschnittliche Anzahl an angefertigten Röntgenbildern bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation</i> .....	45
<i>Abbildung 36: Durchschnittliche OP-Zeiten bei unterschiedlichen Therapieverfahren</i> .....	46
<i>Abbildung 37: Achsabweichung in Grad vor Therapie, zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation und nach Therapie</i> .....	47
<i>Abbildung 38: Translation vor Therapie, zum Zeitpunkt der sekundären Dislokation und nach Therapie</i> .	48
<i>Abbildung 39: Achsabweichung in Grad vor primärer Therapie bei Patienten mit und ohne aufgetretene sekundäre Dislokation</i> .....	49
<i>Abbildung 40: Achsabweichung in Grad nach Therapie bei Patienten mit und ohne aufgetretene sekundäre Dislokation</i> .....	50
<i>Abbildung 41: Seitliche Verschiebung vor primärer Therapie bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation</i> .....	50
<i>Abbildung 42: Seitliche Verschiebung nach Therapieabschluss bei Patienten mit und ohne sekundäre Dislokation</i> .....	51
<i>Abbildung 43: Achsfehlstellung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Ruhigstellung ohne Reposition</i> .....	52
<i>Abbildung 44: Seitliche Verschiebung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Ruhigstellung ohne Reposition</i> .....	53
<i>Abbildung 45: Achsfehlstellung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Reposition und Ruhigstellung</i> .....	54
<i>Abbildung 46: Seitliche Verschiebung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Reposition und Ruhigstellung</i> .....	54
<i>Abbildung 47: Achsfehlstellung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Osteosynthese</i> .....	55
<i>Abbildung 48: Seitliche Verschiebung vor und nach Therapie bei Behandlung durch Osteosynthese</i> .....	56

---

## 8 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Übersicht des Altersabhängigen Korrekturpotentials, vgl. [18]</i> .....	8
<i>Tabelle 2: Klassifikation der offenen Fraktur, vgl. [21, 22]</i> .....	10
<i>Tabelle 3: Einteilung nach Aitken bzw. Salter-Harris, vgl. [10, 16]</i> .....	13
<i>Tabelle 4: Durchschnittlicher Erkennungszeitpunkt der sekundären Dislokation</i> .....	38

## 9 Danksagung

Hiermit möchte ich mich herzlichst bei Herrn Prof. Dr. Thomas Meyer bedanken, der stets ein offenes Ohr für meine Fragen hatte und mir zu jeder Zeit unterstützend zur Seite stand.

Vielen Dank an meine Familie, für alle aufbauenden Worte bei der ein oder anderen Durststrecke. Mit einer solchen Unterstützung sind auch große Aufgaben zu meistern.