

# **Diplomarbeit**

## **Remodeling nach proximalen Humerusfrakturen im Kindes- und Jugendalter**

eingereicht von

**Stefanie Maria Hörmann**

Geb.Dat.: 14.07.1984

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie**

**Abteilung für Kinderorthopädie**

unter der Anleitung von

**OÄ Dr.med Tanja Kraus**

**Priv. Doz. Dr. med Georg Singer**

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am .....*

*Unterschrift*

Um die Lesbarkeit der vorliegenden Arbeit zu erleichtern wird das generische Maskulinum verwendet, das sowohl männliche als auch weibliche Personen beinhaltet.

## **Danksagungen**

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinen beiden Betreuern OÄ Dr. med. Tanja Kraus und Priv. Doz. Dr. med. Georg Singer bedanken, welche mir stets mit Rat und Tat geduldig beiseite standen und mich an das wissenschaftliche Arbeiten heranführten.

Ich möchte mich auch bei Dr. med. univ. Gudrun Ploder für die Unterstützung bei der Vermessung der Röntgenbilder bedanken.

Großer Dank gebührt auch dem Ambulanzteam der Univ. Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz, welches mit viel Organisationstalent die Nachuntersuchungen erleichtert haben.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben und immer zu mir gehalten haben.

## Zusammenfassung

Die proximale Humerusfraktur bei Kindern und Jugendliche ist eine seltene Fraktur und macht nur 1,6 % aller kindlichen Frakturen aus. Aufgrund der Beziehung zur Wachstumsfuge, die mit 80% für das Längenwachstum des Oberarms verantwortlich ist, hat die proximale Humerusfraktur ein sehr großes Remodelingpotential. Die Behandlung erfolgt je nach Alter, Dislokationsgrad und der Begleitverletzungen entweder konservativ oder operativ.

Ziel dieser Studie war es, das langfristige Remodelingpotential nach operativ behandelte proximale Humerusfraktur im Wachstumsalter sowie langfristige funktionelle Ergebnis dieser Frakturen zu untersuchen. In diese Studie wurden insgesamt 31 Patienten (18 m, 13 w) eingeschlossen, welche sich zwischen 2004 – 2010 eine proximale Humerusfraktur zuzogen und an der Univ. Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz operativ behandelt wurden. Das durchschnittliche Alter zum Unfallzeitpunkt lag bei 11,3 (range: 3,1 – 15,8) Jahren Alle Patienten wurden schriftlich zu einer klinischen und radiologischen Nachuntersuchung einbestellt.

15 Patienten wurden mit einem elastisch-stabilen intramedullärem Nagel (ESIN) und 16 Patienten mit einer Bohrdrahtosteosynthese versorgt. Die durchschnittliche Zeit zwischen dem Unfall und der Nachuntersuchung betrug 5,8 (range: 1,1 – 12,5) Jahre. Alle Patienten wurden klinisch mithilfe des DASH-Scores und des Constant-Scores validiert und die präoperativen Röntgenbilder wurden mit den Bildern der Nachuntersuchung verglichen. Es zeigte sich, dass sich alle Frakturen radiologisch sehr gut remodelliert haben. Klinisch schnitten die mit ESIN behandelten Patienten im DASH-Score im Arbeits- sowie im Sport und Musikmodul besser ab als die Patienten, die mit einer Bohrdrahtosteosynthese versorgt wurden. Im Allgemeinen Teil schnitten die ESIN Patienten jedoch schlechter ab. Im Mittel betrug der Wert im DASH-Score bei den mit ESIN behandelten Patienten 1,9 (range: 0 - 17,5) und 1,4 (range: 0 – 12,5) Punkte bei den Patienten, die mit einer Bohrdrahtosteosynthese versorgt wurden. Im Constant-Score unterschieden sich die Gruppen nur um 0,3 Punkte zugunsten der mit ESIN versorgten Patienten.

## **Abstract**

Proximal humeral fractures are rare fractures in children and adolescents and account for only 1.6% of all childhood fractures). Due to the close relationship to the growth plate which is responsible for 80% of longitudinal growth of the humerus, the proximal humerus has a large remodeling potential. Fracture management depends on the age, the displacement and the accompanying injuries and is either conservatively or surgically.

The aim of this study was to investigate the longterm remodeling and the functional outcome of proximal humeral fractures in skeletally immatures.

In this study 31 patients (18 m, 13 f) with a proximal humeral fracture who were operatively treated between 1999 – 2010 at the Department of Pediatric and Adolescent Surgery of the Medical University Graz were included. Mean age of the patients was 11,3 (range: 3,1 – 15,8). 15 patients were treated with ESIN (elastic stable intramedullary nails) and 16 patients with K-wires. All patients were re-invited for a clinical and radiological follow-up examination. The average follow-up time was 5.8 years (range: 1,1 – 12,5). All patients were evaluated by the DASH-Score and the Constant-Score. The preoperative radiographs were compared to the radiographs at follow-up. All fractures remodeled radiologically well. Clinically, the DASH-Score showed better outcomes in the work as well as sports and music module for patients treated by ESINs. In the general part, the patients with the K-wires showed better results (1,4 points, range: 0 – 12,5). In the Constant score the groups differed by 0.3 points with the patients treated by ESINs yielding better outcomes.

# INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNGEN

ZUSAMMENFASSUNG

ABSTRACT

GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

TABELLENVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	KNOCHENENTWICKLUNG	1
1.2	DAS KNOCHENGEWEBE	1
1.2.1	<i>Desmale Ossifikation</i>	4
1.2.2	<i>Chondrale Ossifikation</i>	4
1.2.2.1	Perichondrale Ossifikation	5
1.2.2.2	Enchondrale Ossifikation	5
1.2.2.2.1	Längenwachstum am Epiphysen-Diaphysen Bereich	5
1.3	ANATOMIE	7
1.3.1	<i>Entwicklung des Humeruskopfes</i>	7
1.3.2	<i>Anatomie des Humerus</i>	7
1.4	REMODELING	9
1.5	WOLFF'S GESETZ	12
1.6	GESETZ VON ROUX	13
1.7	FRAKTURDIAGNOSE UND ZEICHEN	14
1.8	FRAKTURHEILUNG	15
1.9	KORREKTURMECHANISMEN UND SPONTANKORREKTUR	17
1.10	FRAKTURKLASSIFIKATIONEN	18
1.10.1	<i>AO – Klassifikation für Frakturen langer Röhrenknochen im Kindesalter</i>	18
1.10.2	<i>Salter – Harris - Klassifikation</i>	19
1.10.3	<i>Aitken – Klassifikation</i>	20
1.10.4	<i>Humerusspezifische Klassifikation nach Neer und Horowitz</i>	21
1.11	BEHANDLUNGSSTRATEGIEN UND METHODEN	21
1.11.1	<i>Indikationen für die konservative Therapie</i>	21
1.11.2	<i>Indikationen für die operative Therapie</i>	22
1.12	OPERATIVE TECHNIKEN	23

1.12.1	<i>Elastisch Stabile intramedulläre Nagelung (ESIN):</i>	23
1.12.2	<i>Kirschner – Draht – Osteosynthese:</i>	24
<b>MATERIAL UND METHODEN</b>		<b>26</b>
1.13	DER DASH – SCORE	29
1.14	CONSTANT SCORE	30
<b>2</b>	<b>ERGEBNISSE – RESULTATE</b>	<b>32</b>
2.1	DAS PATIENTENGUT	32
2.2	ESIN – VERSORGTE PATIENTEN	33
2.3	BOHRDRAHT-OSTEOSYNTHESE VERSORGTE PATIENTEN	34
2.4	NACHUNTERSUCHTE PATIENTEN	35
2.5	AUSWERTUNG DES DASH-SCORES	36
2.6	AUSWERTUNG DES CONSTANT-SCORES	37
2.7	FUNKTIONALITÄT	38
2.8	AUSWERTUNG DER RÖNTGEN BILDER	39
<b>3</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>45</b>
<b>ANHANG – FRAGEBÖGEN</b>		<b>1</b>
<b>CURRICULUM VITAE</b>		<b>6</b>

## Glossar und Abkürzungen

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
a.p.	anterior posterior
β	Beta
BMU	Bone multicellular unit
BMP	Bone morphogenic protein
BDGF	Brain derivated growth factor
bzw	beziehungsweise
DASH	Disabilities of Arm, Shoulder and Hand
DNS	Desoxyribonukleinsäure
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ESIN	Elastisch stabiler intramedullärer Nagel
FGF	Fibroblast growth factor
ICD	International Classification of Diseases
IGF	Insulin-like growth factor
K-Draht	Kirschner Draht
M.	Musculus
OP	Operation
PDGF	Platelet-derived growth factor
PTH	Parathormon
SmC	Structural maintenance of Chromosomes
SSW	Schwangerschaftswoche
TGF	Tranforming growth factor
TGF-β	Transforming growth factor beta
TGF-β <sub>2</sub>	Transforming growth factor beta zwei
TGF- β <sub>3</sub>	Transforming growth factor beta drei
TNF- α	Tumornekrose Faktor Alpha
VEGF	Vascular endothelial growth factor

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Verkalkung der Knochenmatrix aus Junqueira 2004 (S. 93)

Abbildung 2: chondrale Ossifikation am Beispiel eines Röhrenknochens (nach SEER Training Modules: Bone Development & Growth)

Abbildung 3: Schema des Aufbaus der Epiphysenfuge aus Hefti F (2006) Kinderorthopädie in der Praxis; Springer Verlag; ISBN-3540256008

Abbildung 4: Bewegungsausmaß des Schultergelenks nach der Neutral-Null-Methode aus <http://anhaltspunkte.vsbinfo.de/grundsaeetze/nom3.htm> (letzter Zugriff am 06.10.12)

Abbildung 5: Die Phasen des Remodelings aus <http://www.endotext.org/parathyroid/parathyroid1/parathyroid1.html> (letzter Zugriff am 06.10.12)

Abbildung 6: Spannungstrajektorien nach Wolff am Modell und am Femur aus [http://jwi.charite.de/institut/julius\\_wolff/](http://jwi.charite.de/institut/julius_wolff/) (letzter Zugriff am 06.10.12)

Abbildung 7: Vergleich Frakturklassifikation Salter-Harrys und Aitken aus <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Epiphysenfrakturen.jpg?uselang=de> (letzter Zugriff am 06.10.12)

Abbildung 8: Humerusspezifische Klassifikation nach Neer und Horowitz (Praxis der Kinder und Jugendtraumatologie von Hans-Georg Dietz (2011) S.252; ISBN-10: 364212934X.

Abbildung 9: Behandlungsalgorrhythmus der proximalen Humerusfraktur bei Kindern und Jugendlichen nach Weinberg in Tscherne 2006

Abbildung 10: proximale Humerusfraktur mit liegendem ESIN, mit freundlicher Genehmigung der Univ. Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz

Abbildung 11: proximale Humerusfraktur mit 2 liegenden Bohrdrähten, mit freundlicher Genehmigung der Univ. Klinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz

Abbildung 12: Verweildauer der Metallimplantate

Abbildung 13: Altersverteilung der Patienten zum OP-Zeitpunkt und bei der Nachuntersuchung

Abbildung 14: Vergleichende Darstellung der ausgewerteten DASH-Scores

Abbildung 15: Vergleichende Darstellung der ausgewerteten Constant-Scores

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Darstellung der Veränderungen in den ausgemessenen Röntgenbildern

# 1 Einleitung

## 1.1 Knochenentwicklung

Die Knochen des menschlichen Skelettsystems entstehen auf zwei Arten. Sie entwickeln sich entweder aus der Vorstufe des hyalinen Knorpels, der sogenannten enchondralen Ossifikation oder direkt aus dem mesenchymalen Bindegewebe durch Mineralisierung, der desmalen Ossifikation.

Die Knochenkerne entstehen aus dem Seitenplattenmesoderm und sind in der 12. SSW ausgebildet.

Sobald sich ein Knochenkern in der Diaphyse gebildet hat, beginnt das Längenwachstum. Nach Entstehung eines Knochenkernes bildet sich die Epiphysenfuge aus der knorpeligen Wachstumszone. Die Epiphysenfugen sind für das Längenwachstum verantwortlich und schließen sich in der Pubertät (Sadler 2008).

## 1.2 Das Knochengewebe

Zusammen mit den Muskeln und Gelenken bildet der Knochen den Stütz- und Bewegungsapparat des menschlichen Körpers und gehört histologisch zum Bindegewebe.

Eine Hauptkomponente des Knochengewebes ist die Knochenmatrix, die mit Kalzium angereichert ist und dieses auch speichert. Weiters speichert der Knochen Phosphat. Knochen hat eine Schutz- und eine metabolische Funktion im menschlichen Körper (Junqueira 2004).

Ein Röhrenknochen besteht im Allgemeinen aus folgenden Abschnitten:

1. Die Epiphyse, sie stellt das Gelenkende dar.
2. Die Epiphysenfuge (=Wachstumsfuge), zwischen Epiphyse und Diaphyse
3. Die Diaphyse (Schaft)

(Lippert 2011).

Das Knochengewebe besitzt eine Substantia compacta und eine Substantia spongiosa. In der Substantia compacta befinden sich Foramina nutricia, durch welche die Blutgefäße in die Knochenmarkhöhle gelangen (Bucher 1997).

Knochengewebe zeigt eine besondere mechanische Festigkeit, die durch die Einlagerung von Mineralsalzen in die Extrazellulärmatrix erreicht wird. Knochengewebe ist von einem spezialisierten Bindegewebe, welches aus einem äußeren Periost und einem inneren Endost besteht, umgeben.

Das Periost, die Knochenhaut, besteht aus Fibroblasten und Kollagenfaserbündeln. Bündel, die in die Knochenmatrix einstrahlen und die Knochenmatrix mit dem Periost verbinden, nennt man Sharpey – Fasern. Das Endost, welches deutlich dünner als das Periost ist, kleidet die Hohlräume innerhalb des Knochens aus. Das Periost und das Endost sind für die Ernährung des Knochens und für die Bereitstellung von Osteoblasten für die Reparatur zuständig (Junqueira 2004).

Der Knochenumbau und -abbau ist ein Zusammenspiel zwischen Osteoblasten, Osteozyten und den Osteoklasten.

Die Osteoblasten, die sogenannten Knochenbildner, entstehen aus Mesenchymzellen und sind für die Synthese und Sekretion von Osteoid verantwortlich. Das Osteoid wird durch Einlagerung von Mineralsalzen mineralisiert. Die im Osteoid liegenden Osteoblasten werden zu Osteozyten umgewandelt (Junqueira 2004).

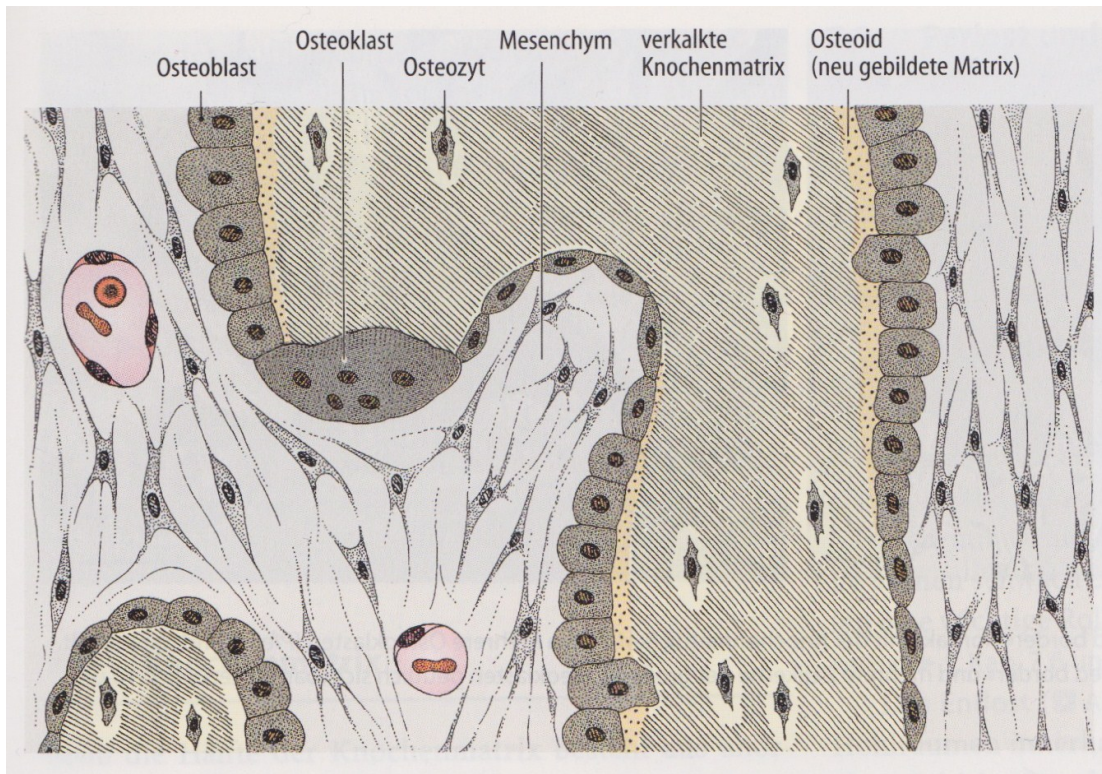


Abb. 1: Darstellung der Verkalkung der Knochenmatrix aus Junqueira 2004 (S.93)

Die Osteoklasten gehören zum Monozyten – Makrophagen – System und bauen Knochensubstanz enzymatisch ab. Bis zum Abschluss der Pubertät entsteht auf diese Art das Längenwachstum des Knochens in den sogenannten Wachstumsfugen. Der Knochen ist das einzige Organ, das für das Wachstum eine spezielle Zone aufweist (Hartmann 2010).

Das Remodelingpotential des gesamten Skelettes ist während der Wachstumsphase besonders hoch, jedoch auch noch im Erwachsenenalter aktiv (Niethard 2009).

Die Hormone der Schild – und Nebenschilddrüse spielen im Knochenbau eine wichtige Rolle. Sie regulieren das altersabhängige Gleichgewicht zwischen Auf - und Abbau (Waldeyer 2009).

### 1.2.1 Desmale Ossifikation

Durch die desmale Ossifikation entstehen die platten Knochen sowie die Clavicula. Dieser Ossifikationstyp wird auch „direkte Ossifikation“ genannt. Bei der desmalen Ossifikation wird der Knochen direkt aus dem Mesenchym gebildet. Hierbei werden aus Mesenchymzellen Osteoblasten gebildet. Diese produzieren Kollagen und Osteoid, dadurch entsteht eine Knochenmatrix (Sadler 2008).

### 1.2.2 Chondrale Ossifikation

Bei der chondralen Ossifikation kann wiederum eine perichondrale und eine enchondrale Ossifikation unterschieden werden.

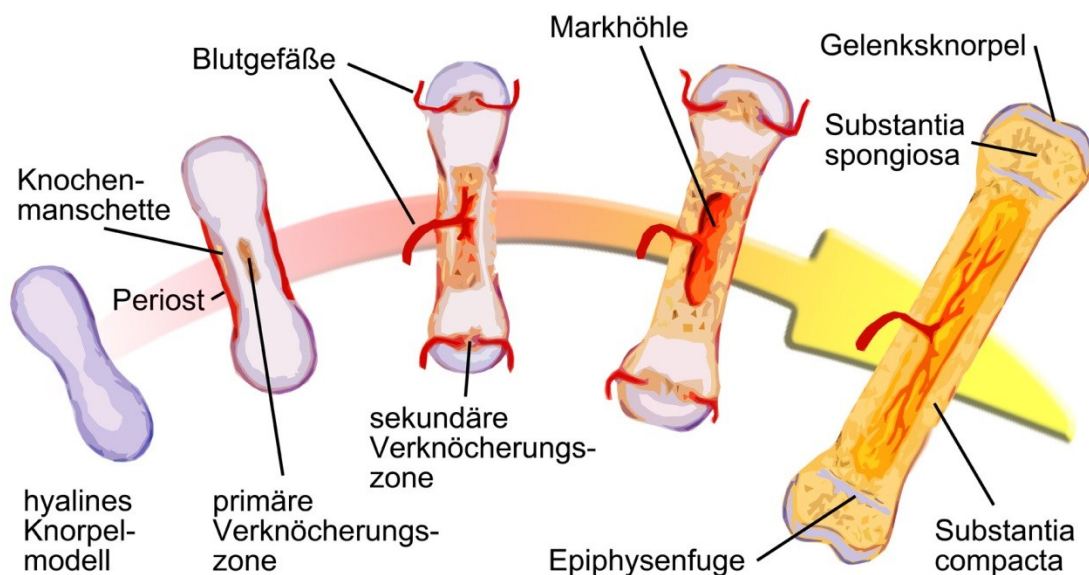


Abb .2: chondrale Ossifikation am Beispiel eines Röhrenknochens (nach SEER Training Modules: Bone Development & Growth ).

### **1.2.2.1 Perichondrale Ossifikation**

Die perichondrale Ossifikation ist für das Dickenwachstum des Knochens verantwortlich und folgt dem Prinzip der desmalen Ossifikation.

Ausgehend vom Perichondrium beschränkt sich die perichondrale Ossifikation auf die Diaphyse des Knochens. Dabei wird von den Osteoblasten eine Knochenmanschette gebildet, durch diese wird an der Außenseite neues Knochengewebe gebildet. Gleichzeitig wird an der Innenseite der Knochenmanschette Knochen durch Osteoklasten abgebaut (Junqueira 2004; Platzer 2009; Hartmann 2010).

### **1.2.2.2 Enchondrale Ossifikation**

Die enchondrale Ossifikation findet an der Diaphyse und an der Epiphyse statt und wird auch indirekte Ossifikation genannt, da sie immer von einer knorpeligen Vorstufe ausgeht. Im Bereich der Epiphyse ist sie für das Längenwachstum des Knochens verantwortlich. Der Epiphysenknorpel, im inneren der Epiphyse, wird mit zunehmendem Ende des Wachstums durch Chondroklasten abgebaut und durch enchondralen Knochen ersetzt (Hartmann 2010).

#### **1.2.2.2.1 *Längenwachstum am Epiphysen-Diaphysen Bereich***

In den langen Röhrenknochen befindet sich am Übergang von der Metaphyse zur Epiphyse die Wachstumzone (= Physe, Wachstumsfuge, Epiphysenfuge). Hier findet das Längenwachstum des Knochens statt. Knochen wächst solange die Wachstumsfuge offen ist. In der Wachstumsfuge sind verschiedene Zonen anzutreffen:

Reservezone (Germinativzone): In der Reservezone befindet sich hyaliner Knorpel, dessen Zellen sich noch nicht durch Bildungsvorgänge verändert haben. Wenn an der Epiphyse die Verknöcherung beginnt, bildet sich in dieser Zone die Epiphysenfuge.

Proliferationszone (Säulenknorpel): In dieser Zone ordnen sich entlang der Längsachse die Knorpelzellen an. Durch die hohe mitotische Teilungsrate der Knorpelzellen ist durch die säulenartige Anordnung das Längenwachstum gewährleistet.

Zone des grobblasigen Knorpels (Hypertrophe Zone): Die Knorpelzellen werden größer, jedoch bleibt die säulenartige Anordnung erhalten. Die letzten 1-3 Reihen der Zellen verkalken.

Zone des Knorpelabbaus (Zone der Mineralisation): Hier werden die Knorpelzellen durch Chondroklasten abgebaut, dadurch eröffnen sich die Knorpelhöhlen. Undifferenzierte Mesenchymzellen wandern ein und aus ihnen entstehen die Chondroblasten. Die Chondroblasten ordnen sich an der Oberfläche balkenartig an und beginnen dort mit der enchondralen Knochenbildung (Bucher 1997; Hartmann 2010)

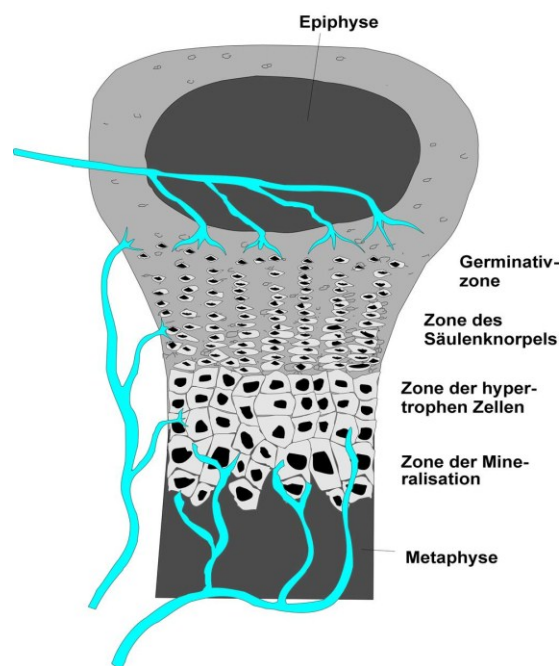


Abb. 3: Schema des Aufbaus der Epiphysenfuge (aus Hefti F (2006)  
Kinderorthopädie in der Praxis. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York)

## **1.3 Anatomie**

### **1.3.1 Entwicklung des Humeruskopfes**

Der Humerus entwickelt sich innerhalb der ersten 8 Fetalwochen. Bereits in der 7. Woche beginnt die enchondrale diaphysäre Ossifikation. Während die diaphysären und die metaphysären Anteile des Humerus schon zum Geburtszeitpunkt ossifiziert sind, entwickeln sich die sekundären Ossifikationszentren erst nach der Geburt.

Am proximalen Humerus bilden sich zwischen dem 7. Monat und dem 5. Lebensjahr insgesamt 3 Epiphysenkerne.

Am Tuberculum majus entwickeln sie sich ab dem 7. Monat bis zum 3. Lebensjahr und am Tuberculum minus 2 Jahre später. Beide vereinigen sich in einem Alter zwischen 5 und 7 Jahren (Weinberg 2006).

Der vollständige Verschluss der Epiphysenfuge erfolgt zwischen dem 20. – 25. Lebensjahr (Bucher 1997).

### **1.3.2 Anatomie des Humerus**

Der Humerus ist ein langer Röhrenknochen und besteht aus einer proximalen und distalen Epiphyse, welche durch eine Metaphyse und Diaphyse getrennt sind.

Das Caput humeri, der Humeruskopf, besitzt 2 Knochenhöcker, das Tuberculum minus und das Tuberculum majus. Das Caput humeri besitzt ein Collum chirurgicum und ein Collum anatomicum, wobei das Collum chirurgicum eine Prädilektionsstelle für proximale Humerusfrakturen, aufgrund einer sehr dünnen Compacta in diesem Bereich, ist. Zwischen den Tubercula liegt der Sulcus intertubercularis, in welchem die lange Sehne des M. biceps brachii liegt (Waldeyer 2009).

Gemeinsam mit der Cavitas glenoidalis der Scapula bildet der Humeruskopf die Articulatio humeri – das Schultergelenk. Die Cavitas glenoidalis bildet dabei die Gelenkspfanne und der Humeruskopf den Gelenkkopf. Das Schultergelenk ist das beweglichste Kugelgelenk (Articulatio sphaeroidea) im menschlichen Körper und besitzt drei Freiheitsgrade.

Normalwerte des Schultergelenkes eines jungen Erwachsenen nach der Neutral – Null – Methode:

- Anteversion/Retroversion: 150 – 170°/ 0°/ 40°
- Adduktion/Abduktion: 20 – 40°/ 0°/ 180°
- Innenrotation/Außenrotation bei anliegendem Oberarm 40 – 60°/ 0°/ 95°
- Innenrotation/Außenrotation bei seitwärts um 90° gehobenem Oberarm 70° / 0°/ 70°

=> Wenn alle Bewegungen gemeinsam ausgeführt werden spricht man von einer sogenannten Zirkumduktion (Waldeyer 2009).

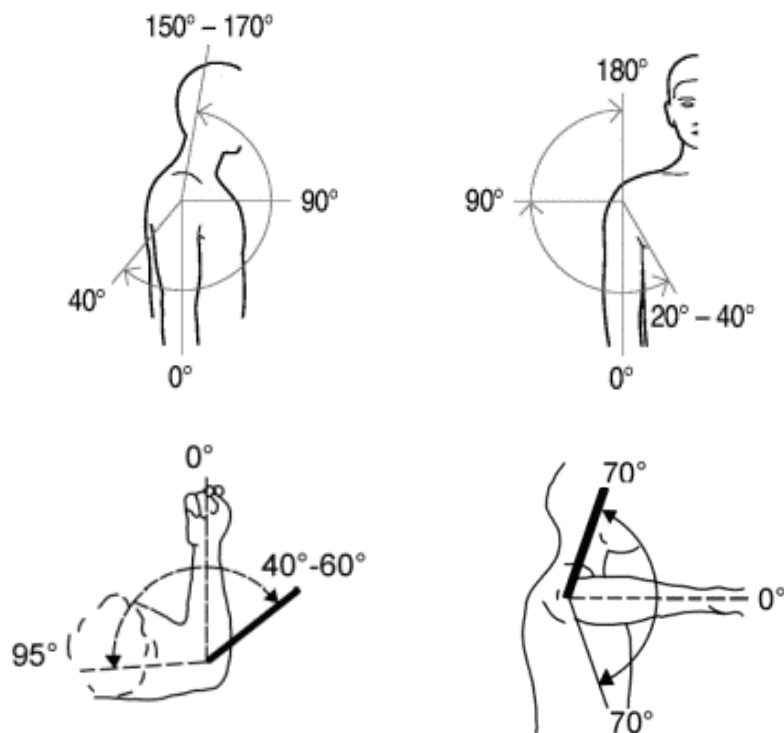


Abb.4: Bewegungsausmaß des Schultergelenkes nach der Neutral-Null-Methode.

Oben links: Anteversion-Retroversion.

Oben rechts: Abduktion – Adduktion.

Unten links: Innenrotation - Außenrotation mit anliegendem Arm.

Unten rechts: Innenrotation - Außenrotation mit seitwärts um 90° gehobenem Arm

(<http://anhaltspunkte.vsbinfo.de/grundsaeetze/nom3.htm> letzter Zugriff am 06.10.12)

## 1.4 Remodeling

Unter „Remodeling“ des Knochengewebes versteht man die Fähigkeit des Knochens, eine Deformität wieder auszugleichen. Remodeling spielt vor allem in der kindlichen Knochenbruchheilung eine wesentliche Rolle. Es ist von mehreren Faktoren abhängig (van Laer 2007).

Beeinflusst wird das Remodelling durch Faktoren wie Spannung und Druck, sowie durch Muskelkontraktionen, Muskeltonus und Wachstumsfaktoren.

Die Fähigkeit zum Knochenumbau besitzt das menschliche Skelett ein Leben lang (Murray et al. 1996).

Das Remodelling erfolgt beim Kind 200mal schneller als bei einem Erwachsenen. Beim Knochenumbau wird kontinuierlich „alter“ Knochen durch „neuen“ Knochen ersetzt. Dies erfordert ein enges Zusammenspiel verschiedener Zellen, vor allem der Osteoblasten und der Osteoklasten.

Das Knochengewebe hat 2 Hauptaufgaben:

- die strukturelle Funktion – den Schutz der inneren Organe
- die metabolische Funktion - die Bereitstellung von Kalzium und Phosphat für den Stoffwechsel

Das Remodelling wird durch koordinierte Osteoblasten und Osteoklasten organisiert, welche Bestandteile der bone multicellular units (BMU) sind und auf Aktivierungscodes reagieren.

Im kortikalen Knochen formen die BMUs einen zylindrischen Kanal, welcher ca. 2,000  $\mu\text{m}$  lang und 150-200  $\mu\text{m}$  breit ist. Diese graben sich mit einer Geschwindigkeit von 20-40  $\mu\text{m}$  pro Tag durch das Knochengewebe. Danach füllen mehrere tausend Osteoblasten diesen Tunnel wieder auf. Nach dieser Methode werden jährlich 2-5% des kortikalen Knochengewebes umgebaut.

Das trabekuläre Knochengewebe ist aktiver als das kortikale. Osteoklasten wandern mit einer Geschwindigkeit von ca. 25  $\mu\text{m}$  pro Tag über die Oberfläche und bilden pro Tag Gräben mit einer Tiefe von ca. 40-60  $\mu\text{m}$ .

Der Remodelling-Zyklus besteht aus 3 aufeinanderfolgenden Phasen:

- Resorptionsphase
- Umkehrphase
- Aufbauphase

In der Resorptionsphase wandern differenzierte, mononukleare Preosteoklasten an die Knochenoberfläche, wo sie zu multinuklearen Osteoklasten werden. Diese Phase dauert ca. 2 Wochen.

Nach Fertigstellung der Resorption durch die Osteoklasten beginnt die Umkehrphase. Hierbei kommt es zum Erscheinen von mononuklearen Zellen an der Oberfläche. Indem Signale für die Differenzierung und Migration der Osteoblasten ausgesandt werden, wird die Oberfläche für die Osteoblasten vorbereitet. Diese Phase kann bis zu 4 bis 5 Wochen dauern.

Die Aufbauphase beginnt, wenn sich die Osteoblasten an der Knochenoberfläche befinden und neues Knochengewebe aufbauen. Dies dauert so lange bis sich der alte Knochen vollständig in neuen Knochen umgewandelt hat. Diese Phase kann bis zu 4 Monate dauern (Hadjidakis et Androulakis 2007).

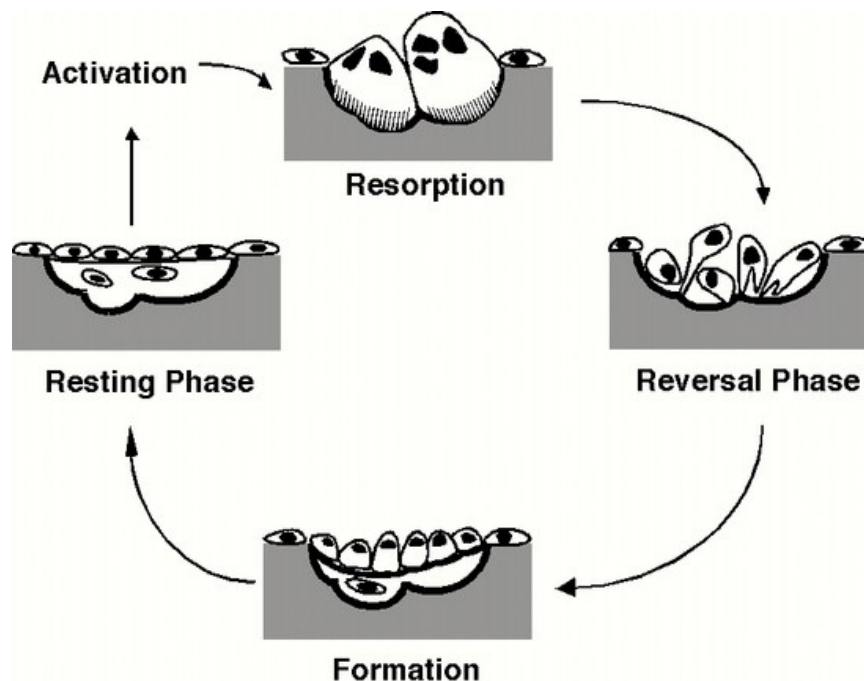


Abb. 5: Die Phasen des Remodelings

([http:// www.endotext.org/parathyroid/parathyroid1/parathyroid1.html](http://www.endotext.org/parathyroid/parathyroid1/parathyroid1.html) letzter Zugriff am 06.10.12)

### Biomechanische Einflüsse

Mechanische Belastung hat einen starken Einfluss auf den Knochenumbau. Bei Nichtbeanspruchung oder auch Fehlbeanspruchung wird vermehrt Knochengewebe resorbiert und es kommt zu einem Verlust der Knochenmasse. Bei Überbeanspruchung kann es zu Gewebeschädigungen (Mikrotraumen) kommen. Wenn Gewebe durch ein Ungleichgewicht von Belastung und Belastbarkeit schneller zerstört als repariert wird, kann es zu der Entwicklung von Stressfrakturen kommen (Robling et al. 2006).

Zum Thema Remodeling haben die Wissenschaftler Wolff und Roux Theorien aufgestellt (siehe unten).

### Regulation durch Wachstumsfaktoren

Knochenzellen synthetisieren eine Reihe von Wachstumsfaktoren, welche eine große Rolle während der Knochenbildung und -formation spielen.

### Von Knochenzellen synthetisierte Wachstumsfaktoren

1. TGF- $\beta$ : Spielt eine Rolle in der Knochenformation. Der Transforming Growth Faktor wird von Knochengewebe und Thrombozyten synthetisiert. Er ist ein Regulator für die Replikation der Osteogenesezellen. TGF- $\beta$  synthetisiert auch Kollagen, was auf die gesteigerte Zahl der Osteoblasten zurückzuführen ist (Canalis et al. 1988).
2. BDGF: Ist eine  $\beta$ 2 Mikroglobulin ( $\beta$ 2 m), welches die Kollagen und DNA Synthese im Knochen stimuliert. Möglicherweise ist  $\beta$ 2 m kein Wachstumsfaktor im engeren Sinn sondern eher als Rezeptor für andere Wachstumsfaktoren und Hormone zu sehen (Canalis et al. 1988).
3. SmC oder IGF 1 ist ein Wachstumshormon abhängiges Polypeptid, welches das Knorpelwachstum stimuliert (Canalis et al. 1988)
4. PDGF: Stimuliert die Knochen DNS und Proteinsynthese (Canalis et al. 1988).

Weiteres spielen die Hormone PTH und Calcitonin eine wichtige Rolle für die Knochendichte und -stabilität.

### **1.5 Wolff's Gesetz**

Julius Wolff veröffentlichte 1892 seine Arbeit über Knochen „Transformation“, heute bekannt als „Wolff's Gesetz“ und beschäftigte sich mit den Modellierungs- und Remodellierungseigenschaften des Knochens. Wolff's Gesetz besagt, dass sich die äußere und innere Architektur eines Knochens ändert, wenn er Belastung ausgesetzt ist. Demnach bildet sich nach einer Fraktur auf der konkaven Seite neuer Knochen. Auf der konvexen Seite wird zeitgleich Knochensubstanz resorbiert ([www.teambone.com](http://www.teambone.com) letzter Zugriff am 07.10.12).

Die trabekuläre Struktur des Knochens ist optimal für seine tragende Eigenschaft konzipiert. Die Knochenstruktur wird von mechanischen Kräften bestimmt und passt sich im Laufe des Lebens der Beanspruchung an. Demnach gibt es eine enge Beziehung zwischen der Architektur und der mechanischen Beanspruchung. Wolff entdeckte eine Ähnlichkeit zwischen der trabekulären Struktur des proximalen Femurs und der Muster von Spannungstrajektorien (Huiskes 2000).

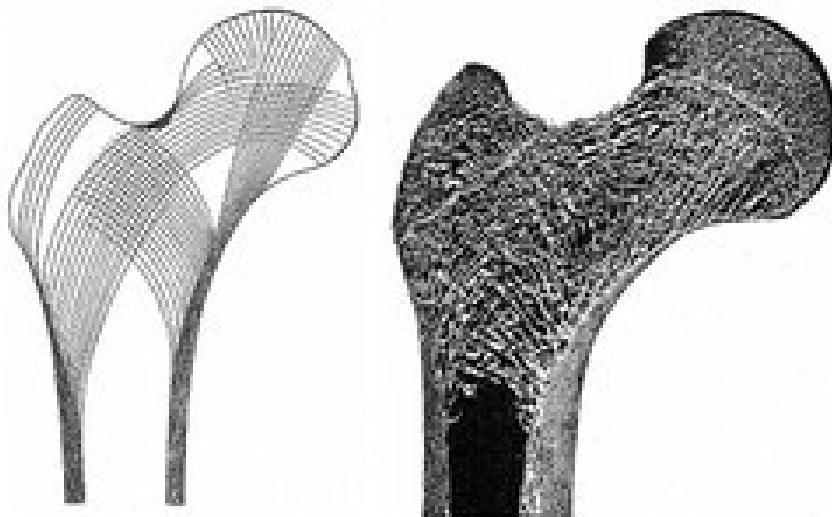


Abb. 6.: Spannungstrajektorien nach Wolff am Modell und am Femur ([http://jwi.charite.de/institut/julius\\_wolff/](http://jwi.charite.de/institut/julius_wolff/) letzter Zugriff am 06.10.12)

Wolff's Modell basierte jedoch auf mathematischen Modellen, daher widersprach er auch Roux's Theorien ( siehe Kapitel 1.6 „Gesetz von Roux“)(Huiskes 2000).

Viele Autoren machten Beobachtungen zu diesem Thema. Harold Frost stellte dazu folgende wichtige Punkte auf (<http://www.teambone.com> letzter Zugriff am 07.10.12):

- Remodeling wird nicht durch Spannung sondern durch Biegung ausgelöst.
- dynamische Belastung triggert das Remodeling; statische nicht.
- dynamische Biegung bewirkt, dass sich die betroffenen Knochenflächen in Richtung der Konkavität verschieben (<http://www.teambone.com> letzter Zugriff am 07.10.12).

## **1.6 Gesetz von Roux**

Wilhelm Roux (1881) beschäftigte sich auch in Wolffs Zeit mit dem Thema der Knochenadaptation. Er beschrieb die Anpassung des Knochens als einen „quantitativen selbstregulierenden Mechanismus“ basierend auf zellulärer Ebene des Gewebes, wobei die Regulation durch die Knochenzellen und von mechanischen Reizen von statten geht.

Harold Frost, baute diese Theorie 1987 aus und nahm an, dass die BMUs (Bone Multicellular Units) die lokale Knochenmasse über eine mechanische Rückkoppelungsschleife und einem Sollwert arbeiten und somit die Balance zwischen Belastung und Entlastung der Knochenmasse aufrecht erhalten (Huiskes 2000).

Das Gesetz von Roux besagt, dass ein Maximum an Stabilität durch ein Minimum an Materialaufwand gewährleistet ist (Junqueira 2004).

*„Kommt es zu Frakturen mit Achsenabweichungen, versucht der Knochen, diese zu korrigieren. Seit zu Seit Verschiebungen werden beispielsweise durch Ab – und Anbau von Knochensubstanz ausgeglichen, und die Form des Knochens entspricht dem Kriterium, mit möglichst wenig Material eine hohe Stabilität zu erreichen“ (Weinberg 2006, S.4).*

## **1.7 Frakturdiagnose und Zeichen**

Es gibt unsichere und sichere Zeichen einer Fraktur. Zu den unsicheren Zeichen gehören die klassischen:

- Dolor (Schmerz)
- Tumor (Schwellung)
- Calor (Überwärmung)
- Rubor (Rötung)
- Functio laesa (Bewegungseinschränkung)

Zu den sicheren Frakturzeichen zählt man:

- Offene Fraktur mit Bruchstücken
- Fehlstellungen
- Abnorme Beweglichkeit
- Krepitationen (reiben der Knochenbruchstücke)

Die radiologischen Frakturzeichen kann man in indirekte und direkte Frakturzeichen unterscheiden. Zu den indirekten Zeichen gehören:

- Weichteilschwellung
- Periostreaktion

Zu den direkten Frakturzeichen im Röntgenbild gehören:

- Eine sichtbare Aufhellungslinie, ein sog. Frakturspalt
- bei Achsenabweichungen: eine Stufenbildung der Kortikalis
- bei der Stauchung von Knochenfragmenten: eine Kompression der Kortikalis
- Unterbrechung der Spongiosabälkchen  
(Breusch 2009)

## **1.8 Frakturheilung**

Bei einer Fraktur wird die gesamte Knochenmatrix im Frakturbereich zerstört und die Knochenzellen gehen zugrunde. Das Periost und das Endost reagieren mit einer vermehrten Proliferation von Osteoblasten. Gemeinsam mit Blutgefäßen wandern auch mesenchymale Stammzellen in den Frakturspalt ein. In dieser sogenannten Reparaturzone entwickeln sich Chondroblasten, welche durch desmale Ossifikation Geflechtknochen aufbauen. Weiters verbinden die Trabekel des Geflechtknochens die beiden Fraktarenden miteinander und es bildet sich ein sogenannter Kallus.

Der Kallus wird mit der Zeit und mit der Belastung des Knochens wieder umgebaut und durch Lamellenknochen ersetzt (Junqueira 2004).

Die Frakturheilung ist ein komplexes Vorgehen und ist von mehreren Faktoren, wie der skelettalen Entwicklung, dem Wachstum, dem Zusammenspiel der Zellen, von Wachstumsfaktoren und der extrazellulären Matrix abhängig. Die Frakturheilung kann prinzipiell in 4 Stadien eingeteilt werden.

### 1. Stadium I : Inflammationsstadium:

Eine Fraktur geht mit der Zerstörung des lokalen Weichteilgewebes einher, wobei ein Hämatom entsteht. Dabei werden Thrombozyten, Makrophagen, Lymphozyten und Monozyten in den Bereich zwischen Hämatom und Fraktur eingeschwemmt. Zur Bekämpfung der Infektion werden Zytokine, Wachstumsfaktoren sowie Gerinnungsfaktoren sezerniert, welche einen fibrinösen Thrombus bilden. Danach wachsen Kapillaren in das Gerinnsel ein. Diese zelluläre Antwort wird durch TGF- $\beta$ , PDGF, FGF-2, VEGF, Interleukine 1 und 6, BMP's und TNF- $\alpha$ , koordiniert (Schindeler et al. 2008; Einhorn 1998).

Diese Faktoren bilden eine positive Rückkopplung mit den Entzündungszellen und fördern das Einwandern von mesenchymalen Stammzellen aus dem Periost und dem Knochenmark (Schindeler et al. 2008; Ivaki et al. 1997).

## 2. Stadium II: Weiche Kallusbildung:

Die meisten Frakturen heilen durch enchondrale Ossifikation. Dabei dominieren die Chondrozyten und Fibroblasten, welche einen weichen Kallus bilden. Die Chondrozyten proliferieren und synthetisieren Knorpelmatrix bis sich das fibrinöse und granulomatöse Gewebe in Knorpelgewebe umgewandelt haben. Die Fibroblastenproliferation und Chondrozytenproliferation/differentierung werden durch TGF- $\beta$ 2 und  $\beta$ 3, PDGF, FGF-1 sowie durch IGF stimuliert (Schindeler et al. 2008; Gerstenfeld et al. 2003).

## 3. Stadium III: Harte Kallusbildung: (primäre Knochenbildung)

Dieses Stadium ist das aktivste der Osteogenese. Es ist charakterisiert durch eine hohe Osteoblastenaktivität und der Bildung von mineralisierter Knochenmatrix. Der weiche Kallus wird abgebaut, dieser Vorgang wird durch Revaskularisierung begleitet (Schindeler et al. 2008).

Die erste gebildete Knochenmatrix enthält eine Kombination aus proteinartigem und mineralisiertem extrazellulären Gewebe. Dieses Gewebe wird durch die Anwesenheit von Osteogenesefaktoren aus reifen Osteoblasten synthetisiert (Schindeler et al. 2008).

Die Stimulation der Gefäßneubildung mit Angiogenesefaktoren kann die Rate der Knochenbildung und Frakturheilung erhöhen (Peng et al. 2005).

## 4. Stadium IV: Remodeling:

Das Remodeling des harten Kallus ist ein Osteoklasten-abhängiger Prozess. Durch die Resorption durch die Osteoklasten werden erosive Gruben an der Oberfläche gebildet, in welche die Osteoblasten neues Knochengewebe einlagern (Schindeler et al. 2008).

## **1.9 Korrekturmechanismen und Spontankorrektur**

Bei den Korrekturmechanismen kann man zwischen indirekter und direkter Korrektur unterscheiden. Die direkten Korrekturmechanismen kann man wiederum in periostale, physäre und kombiniert periostal-physäre gliedern.

Die periostalen und periostal-physären Mechanismen versuchen eine maximale Belastbarkeit durch ein Minimum an Material zu erreichen, d.h. sie arbeiten nach dem Gesetz von Roux.

Die physären Korrekturmechanismen arbeiten unspezifischer, da sie ausschließlich den Bereich um die Fraktur reparieren.

Das Korrekturpotential bei kindlichen Frakturen ist abhängig von der Lokalisation der Fraktur und der Beziehung zur Wachstumsfuge.: Je näher die Fraktur zur Fuge liegt, desto besser kann eine Achsenkorrektur erfolgen (Weinberg 2006). Ebenso spielt das Alter des Patienten eine große Rolle. Hierbei gilt, je jünger der Patient, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit eine Wachstumsstörung zu bekommen, und desto höher ist das Korrekturpotential. Wie bereits erwähnt, ist die Nähe der Fraktur zur Wachstumsfuge entscheidend - dabei spielt jedoch auch eine Rolle, wie potent die nächstliegende Wachstumsfuge ist. So ist die proximale Epiphysenfuge am Humerus zu 80% am Längenwachstum des gesamten Humerus beteiligt. Dieses hohe Potential führt dazu, dass sich die Wachstumsfuge zu einem späteren Zeitpunkt schließt und sie ein hohes Korrekturpotential hat.

Das Korrekturpotential der proximalen Humerusfrakturen wird aber auch durch die 3 Funktionsebenen des Schultergelenkes begünstigt (von Laer 2007).

Bis zu einem Alter von 12 Jahren werden die Seit-zu-Seit-Verschiebungen und Achsenknicke in der Frontal- und Sagittalebene von 50 – 60° korrigiert (Knorr et al. 2006). Ab dem 12. Lebensjahr können Fehlstellungen von 30 – 40° noch korrigiert werden (von Laer 2007).

## **1.10 Frakturklassifikationen**

Zu den Frakturen des proximalen Humerus werden generell die Frakturen der Epiphyse und Metaphyse subsummiert. Die Frakturklassifikationen im Kindesalter richten sich nach ihrer Lokalisation im Skelett und nach der Nähe zu der Wachstumsfuge (Weinberg 2006).

### **1.10.1 AO – Klassifikation für Frakturen langer Röhrenknochen im Kindesalter**

Die Klassifikation wurde von der AO Pediatric Group (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese) entwickelt. Sie basiert auf der Grundlage der AO- Klassifikation für Erwachsene nach Müller, wobei jede Fraktur durch einen Buchstaben und Zahlencode beschrieben wird.

Die erste Zahl beschreibt den betroffenen Röhrenknochen, wobei gilt:

1. Oberarm
2. Unterarm
3. Oberschenkel
4. Unterschenkel

Bei der zweiten Zahl handelt es sich um die Differenzierung des Knochensegmentes, wobei gilt:

1. proximal (Epiphyse und Metaphyse)
2. diaphysär
3. distal (Epiphyse und Metaphyse)

Bei der dritten Stelle handelt es sich um einen Buchstaben, welcher zwischen extraartikulären, metaphysären und diaphysären Frakturen und intraartikulären epiphysären Frakturen unterscheidet:

- E – Epiphyse
- M – Metaphyse
- D – Diaphyse

Bei der vierten Ziffer handelt es sich um den Frakturtypcode.

Die fünfte Ziffer bestimmt den Frakturschweregrad:

1. einfach
2. partiell instabil
3. komplexe Frakturen (mehr als 3 Fragmente)

Bei der sechsten Ziffer handelt es sich um Zusatzcodes, da nicht jede Fraktur durch diese Klassifikation bestimmt werden kann (Weinberg 2010).

### **1.10.2 Salter – Harris - Klassifikation**

Die Salter Harris Klassifikation beschreibt Frakturen, bei denen die Wachstumsfuge beteiligt ist und wird in 4 Gruppen unterteilt. Sie stellt die wichtigste und wahrscheinlich gebräuchlichste Frakturklassifikation bei Frakturen des wachsenden Skelettes dar.

Salter – Harris I: Hierbei handelt es sich um Frakturen, welche genau durch die Epiphyse gehen, ohne Mitbeteiligung der Epiphyse oder Metaphyse.

Salter – Harris II: bezeichnet eine Fraktur mit Ablösung der Epiphyse jedoch ohne Verletzung der knöchernen Epiphyse, aber mit Abspaltung eines metaphysären Knochenanteils. Frakturen vom Typ Salter-Harris II sind die häufigsten kindlichen Frakturen

Salter – Harris III: bezeichnet eine Fraktur mit Ablösung der Epiphyse mit Abspaltung eines epiphysären Keils. Die Metaphyse bleibt unverletzt.

Salter Harris IV: Hierbei verläuft die Frakturlinie durch die Epiphyse, die Epiphysenfuge und durch die Metaphyse.

Bei fugennahen Frakturen, wie zum Beispiel bei Salter Harris I und II kommt es häufig zu hemmenden Wachstumsstörungen.

An den oberen Extremitäten kommt dies jedoch selten vor, und hat weniger Bedeutung als bei den unteren Extremitäten.

Wenn die Proliferationszone des Epiphysenknorpels durch die Fraktur beteiligt ist, wie etwa bei Salter Harris III und IV, kommt es jedoch immer zu Wachstumsstörungen (Weinberg 2010; Niethart 2009).

### 1.10.3 Aitken – Klassifikation

Die Aitken – Klassifikation ist gleichbedeutend mit der Salter - Harris Klassifikation, wobei die Aitken-Klassifikation von 0 – III geht.

Demnach entspricht Salter Harris I - Aitken 0 beziehungsweise Salter Harris IV – Aitken III.

Salter-Harrys	I	II	III	IV
Aitken	I	II	III	III

Abb. 7: Vergleich der Klassifikation nach Salter-Harris und Aitken

(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ce/Epiphysenfrakturen.jpg?use1>  
[ang=de](#) letzter Zugriff am 06.10.12)

#### 1.10.4 Humerusspezifische Klassifikation nach Neer und Horowitz

Die Klassifikation nach Neer und Horowitz berücksichtigt im Gegensatz zur Salter-Harris Klassifikation auch den Grad und das Ausmaß der Dislokation, was für die weitere Behandlung wichtig ist.

Grad der Dislokation	Ausmaß der Dislokation
I	Unter 5mm
II	Bis 1/3 Schaftbreite
III	Bis 2/3 Schaftbreite
IV	Über 2/3 Schaftbreite bis vollständige Dislokation

Abb. 8: Humerusspezifische Klassifikation nach Neer und Horowitz  
(Praxis der Kinder und Jugendtraumatologie von Hans-Georg Dietz (2011) S.252)

### 1.11 *Behandlungsstrategien und Methoden*

Die proximale Humerusfuge ist in der Lage, gravierende metaphysäre Achsenfehlstellungen bis zum 12. Lebensjahr auszugleichen.

Eine proximale Humerusfraktur kann konservativ oder operativ versorgt werden. Die Indikation ist von dem Alter des Patienten, von dem Dislokationsgrad sowie von eventuellen Begleiterkrankungen abhängig (Weinberg 2006).

#### 1.11.1 Indikationen für die konservative Therapie

Proximale Humerusfrakturen können bis zum 10. Lebensjahr aufgrund der hochpotenten Wachstumsfuge nach folgenden Parametern konservativ behandelt werden:

- 1 Wenn die Fraktur um Schaftbreite disloziert ist

- 2 Wenn sich die Fraktur um maximal 2 cm verkürzt
- 3 Wenn die Fraktur einen Achsenfehler von 40-60 Grad aufweist; dies gilt für Varus-, Ante- und Rekurvationsfehler und nur bis maximal 10 Grad bei einem Valgusfehler (Weinberg 2006).

Bei Patienten über dem 10. Lebensjahr sind nur mehr Frakturen mit einem Achsenfehler von 20 – 30 Grad für die konservative Therapie geeignet (Schmittbecher et al. 2004).

Die konservative Therapie wird hauptsächlich mit einem Gilchristverband für 3 – 4 Wochen durchgeführt, dabei wird meist ein Gilchrist-Fertigverband verwendet. Der Verband muss bei den Kontrolluntersuchungen nachgestellt werden.

### **1.11.2 Indikationen für die operative Therapie**

Absolute Operationsindikation, bei Patienten welche älter als 12 Jahre sind:

- vollständige Dislokation mit einem Achsenfehler > 30 Grad oder einem Valgusfehler >10 Grad.
- pathologische Frakturen (Weinberg 2006).

Relative Operationsindikation:

- Zwischen dem 5 – 10 Lebensjahr, bei einer Achsenabweichung > 30 Grad
- Über dem 10 Lebensjahr, bei einer Achsenabweichung > 20 Grad
- Frakturen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zur Nachreposition nach konservativer Behandlung (Weinberg 2006).

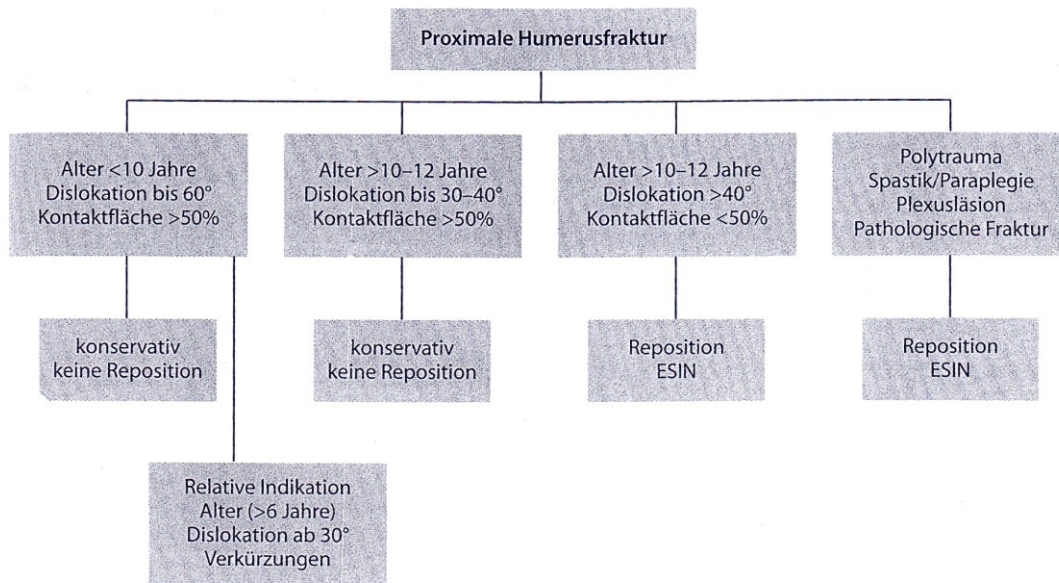


Abb. 9: Behandlungsalgorithmus der proximalen Humerusfraktur bei Kindern und Jugendlichen nach Weinberg in Tscherne 2006.

## 1.12 Operative Techniken

### 1.12.1 Elastisch Stabile intramedulläre Nagelung (ESIN):

Hierbei wird eine Hautinzision bilateral oder zur Schonung des Nervus ulnaris nur radial kranial der Kondylen durchgeführt. Nach stumpfer Präparation und setzen zweier Perforationen mit Hilfe eines Pfriems werden die Nägel bis in den Humeruskopf vorgeschoben. Der erste Nagel wird bis in den Frakturspalt vorgeschoben und im Humeruskopf verankert. Der zweite Nagel dient zur Fixierung des Repositionsergebnisses. Dabei darf die Wachstumsfuge einmal überquert werden. Als alternativen Zugangsweg kann man die Nägel auch transdeltoidal einbringen, dies verursacht aber größere Weichteiltraumata (Weinberg 2006).



Abb. 10: proximale Humerusfraktur mit liegendem ESIN

### **1.12.2 Kirschner – Draht – Osteosynthese:**

Indikationen für die Kirschnerdraht – Osteosynthese gibt es nur mehr wenige. Eine wichtige Indikation wäre eine gleichzeitige suprakondylären Humerusfraktur, da hier ascendierende ESIN nicht mehr möglich sind.

Bei der Kirschner-Draht-Osteosynthese werden 2-4 Kirschnerdrähte perkutan unter Bildwandlerkontrolle von distal – lateral nach proximal – kranial in den Humeruskopf eingebracht. Dafür werden meist Kirschner – Drähte der Stärke 1,6 – 2,0 verwendet (Guibert et al. 1983).



Abb. 11: proximale Humerusfraktur mit 2 liegenden Bohrdrähten

## Material und Methoden

### Patienten

Patienten, die sich zwischen 1999 und 2010 eine traumatische subkapitale Humerusfraktur zugezogen hatten und an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie Graz operativ behandelt wurden, wurden in diese Studie inkludiert. Einschlusskriterien waren alle operierten Patienten, bei denen Röntgenbilder zum Unfallzeitpunkt oder unmittelbar postoperative Röntgenbilder in zumindest einer Ebene (1.-3. postoperativer Tag) vorlagen und Patienten mit zum Unfallzeitpunkt noch offenen Wachstumsfugen. Exkludiert wurden Patienten mit einer pathologischen Fraktur sowie Patienten mit bekannten Grunderkrankungen (wie beispielsweise Stoffwechselstörungen, Immobilitätsosteoporose, Syndrome, Cerebralparese) wurden von der Studie ausgeschlossen.

Die Patientendaten wurden aus dem Dokumentationssystem MEDOCS entnommen. Bei MEDOCS handelt es sich um ein SAP (System Applications and Products in Data Processing, Walldorf, Germany) basiertes System, welches an sämtlichen Kliniken der Medizinischen Universität Graz für die administrative Patientenverwaltung, Kostenkalkulation, sowie Speicherung von Patientendaten verwendet wird.

Die Primärerfassung der Daten erfolgte unter der Hilfe eines EDV-Beauftragten des Instituts für medizinische Datenverarbeitung (IMI). Die Patienten wurden durch die ICD-10 Codierung sowie durch freie Suche gesucht. Als Suchbegriffe hierbei dienten:

- Proximale Humerusfraktur (ICD 10: S42.2)
- Subkapitale Humerusfraktur (ICD 10: S42.2)
- Oberarmfraktur (ICD 10: S42.3)
- Humerusfraktur (ICD 10: S42.3)
- Humerusschaftfraktur (ICD 10: S42.3)

Neben der Diagnose wurde von jedem Patienten außerdem erhoben:

- Geburtsdatum und das sich daraus errechnende Alter
- Geschlecht

- Diagnose
- Dislokation
- Seite (rechts/links)
- Unfallursache
- Begleitverletzungen
- Art der Therapie (konservativ/ operativ)
- Art der Reposition
- postoperative Ruhigstellung
- Dauer und Art der Ruhigstellung bei konservativer Therapie
- Alter bei Operation
- Art der Operation
- Zeitpunkt der Metallentfernung
- postoperative Physiotherapie (ja/nein)
- Anzahl der postoperativen Röntgenbilder
- Refrakturen

#### Röntgenbilder vom Unfalltag

Die humerale Diaphysen-Collum Achse in der Frontalebene und die Diaphysen-Collum Achse in der axialen Ebene wurde sowohl auf den Unfallbildern als auch auf den postoperativen Röntgenbildern vermessen.

Nach der Erfassung der Patienten wurden diese, schriftlich zu einer Nachuntersuchung eingeladen.

#### Radiologische Nachuntersuchung

Die radiologische Nachuntersuchung umfasste ein Oberarmröntgen in 2 Ebenen, wobei neuerlich neben der humeralen Diaphysen-Collum Achse in der Frontalebene auch die Diaphysen-Collum Achse in der axialen Ebene vermessen wurde.

### Klinische Nachuntersuchung

Weiterhin wurde eine klinische Nachuntersuchung durchgeführt, wobei die Funktion der angrenzenden Gelenke getestet wurde, die Narbe beurteilt wurde, ein Schmerzscore erhoben wurde und auf eventuelle Probleme anamnestisch eingegangen wurde.

Die klinisch- radiologische Untersuchung wurde durch validierte Scores (Constant- und DASH-Score) ergänzt.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz genehmigt (EK Nr.: 23 – 399 ex 10/11).

### 1.13 Der DASH – Score

Der DASH – Score (disabilities of the arm, shoulder and hand Score) dient der subjektiven Evaluierung von Behandlungsergebnissen der oberen Extremität und wurde vom „Institute for Work and Health“ der „American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS)“ entwickelt und von der „American Association for Hand Surgery“, der „American Orthopaedic Society for Sports Medicine“, der „American Shoulder & Elbow Surgeons“, der „American Society for Surgery of the Hand“, der „Arthroscopy Association of North America“ und der „American Society of Plastic and Reconstructive Surgeons“ unterstützt. ([www.dash.iwh.on.ca/about.htm](http://www.dash.iwh.on.ca/about.htm) letzter Zugriff am 07.10.12).

Er gliedert sich in einen Hauptteil, der aus 30 Fragen besteht und 2 optionale Teile, die jeweils aus 4 Fragen bestehen.

Mithilfe des Fragebogens wird das Zurechtkommen im Alltag beurteilt. Jede Frage wird vom Patienten mit den Noten 1 – 5 beurteilt, wobei 1 für „keine Schwierigkeiten“ und 5 für „nicht möglich“ steht.

Zur validen Auswertung des Scores müssen vom Hauptteil mindestens 27 Fragen beantwortet werden.

([http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/dash\\_scoring\\_2010.pdf](http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/dash_scoring_2010.pdf) letzter Zugriff am 07.10.12)

Die Formel für die Berechnung des Scores für den Hauptteil lautet:

$$\text{DASH-Score} = \left( \frac{\text{Summe der Beantworteten Fragen}}{\text{Anzahl der Beantworteten Fragen}} - 1 \right) \times 25$$

([http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/dash\\_scoring\\_2010.pdf](http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/dash_scoring_2010.pdf) letzter Zugriff am 07.10.12)

Bei den 2 optionalen Teilen handelt es sich beim ersten um ein Arbeits- und Berufsmodul und beim zweiten um ein Sport- und Musikmodul. In beiden Modulen müssen jeweils alle 4 Fragen beantwortet werden, um ein valides Ergebnis erzielen zu können.

Die Formel für die Berechnung eines optionalen Moduls lautet:

$$\text{DASH – Score} = \left( \frac{\text{Summe der Beantworteten Fragen} - \text{Anzahl der Fragen}}{4} \right) \times 25$$

([http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/dash\\_scoring\\_2010.pdf](http://www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/dash_scoring_2010.pdf) letzter Zugriff am 07.10.12)

Die Bandbreite des Hauptteils und der beiden optionalen Teile kann jeweils zwischen 0 und 100 liegen, wobei gilt, je höher der Score liegt, desto schwerer ist die Beeinträchtigung der oberen Extremität.

Einschränkend ist festzustellen, dass der DASH-Score nicht für Kinder und Jugendliche validiert ist. Er wurde für diese Nachuntersuchung aber verwendet, da es sich bei vielen Studienteilnehmern bereits um junge Erwachsene handelte und außerdem kein validierter Fragebogen für die obere Extremität im Kindes- und Jugendalter zur Verfügung steht.

### **1.14 Constant Score**

Der Constant Score dient zur Schulter-Funktions-Beurteilung. Er wurde von Constant und Murley beschrieben (Constant et Murley 1987). Der Constant Score besteht aus 4 Teilen, wobei man insgesamt den Wert 100 erreichen kann.

Teil I: Hier wird der vom Patienten subjektiv empfundene Schmerz in der betroffenen Schulter bewertet, wobei 15 Punkte „keine Schmerzen“ bedeutet und 0 Punkte „starke Schmerzen“. Die maximal zu erreichende Punktezahl liegt bei 15.

Teil II: Hier wird die Durchführbarkeit der Alltagsaktivitäten von dem Patienten bewertet, wobei maximal 20 Punkte erreicht werden können.

Teil III: Hier wird der Patient aufgefordert folgende Bewegungen mit dem betroffenen Arm, schmerzfrei und aktiv durchzuführen:

- Flexion von 0 – 180 Grad
- Abduktion von 0 – 180 Grad
- Außenrotation
- Innenrotation

Für jede mögliche Bewegung können maximal 10 Punkte vergeben werden. Insgesamt können maximal 40 Punkte erreicht werden.

Teil IV: Hier wird die Kraft in 90 Grad Abduktion in der Scapularebene und pronierter Hand gemessen. Ein Punkt entspricht 0,45 kg, wobei maximal 25 (11,25 kg) Punkte erreicht werden können.

Ein Gesamtwert von 100 entspricht der vollen Funktionsfähigkeit.

Da der Constant-Score eigentlich für Erwachsene entwickelt wurde, ist es schwer, den Teil IV auf Kinder im Wachstumsalter zu erheben. Daher wurde der IV. Teil separat erfasst, und der Gesamtscore auf maximal 75 Punkte erhoben und berechnet.

## 2 Ergebnisse – Resultate

### 2.1 Das Patientengut

Im Studienzeitraum zwischen 1999 und 2004 wurde insgesamt 66 Patienten auf Grund einer subkapitalen Humerusfraktur operativ versorgt. Von den 66 Patienten waren 28 (42%) Patienten weiblichen und 38 (58%) Patienten männlichen Geschlechts. Das mittlere Alter der Patienten war zum Zeitpunkt der Operation 12,0 Jahre (range: 3,0 – 16,6 ). Bei den operierten Patienten wurden 25 Patienten (38%) mit einem ESIN und 41 Patienten (62%) Bohrdrahtosteosynthese versorgt. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag das Durchschnittsalter bei 18,6 Jahren (range: 6,9-27,9).

#### Unfallursache:

Die Fraktur zogen sich 48 (73%) Patienten in der Freizeit und 18 (27%) Patienten beim Sport zu.

19 Patienten stürzten aus über 3 Meter Höhe.

2 Patienten wurden damals mit einem Polytrauma in die Klinik eingeliefert.

Am häufigsten (insgesamt 8 Patienten (19,5 %)) zogen sich die Patienten die Fraktur bei einem Snowboardsturz zu.

Im Durchschnitt wurden bei den Patienten vom Unfalltag bis zu der Frakturheilung 3 Kontrollröntgen angefertigt.

Die Verweildauer der Metallimplantate lag bei den Patienten, welche mit ESMN behandelt wurden im Durchschnitt um 5 Tage länger als die Verweildauer bei den Patienten welche einer Bohrdrahtosteosynthese versorgt wurden (s. Abb. 12).

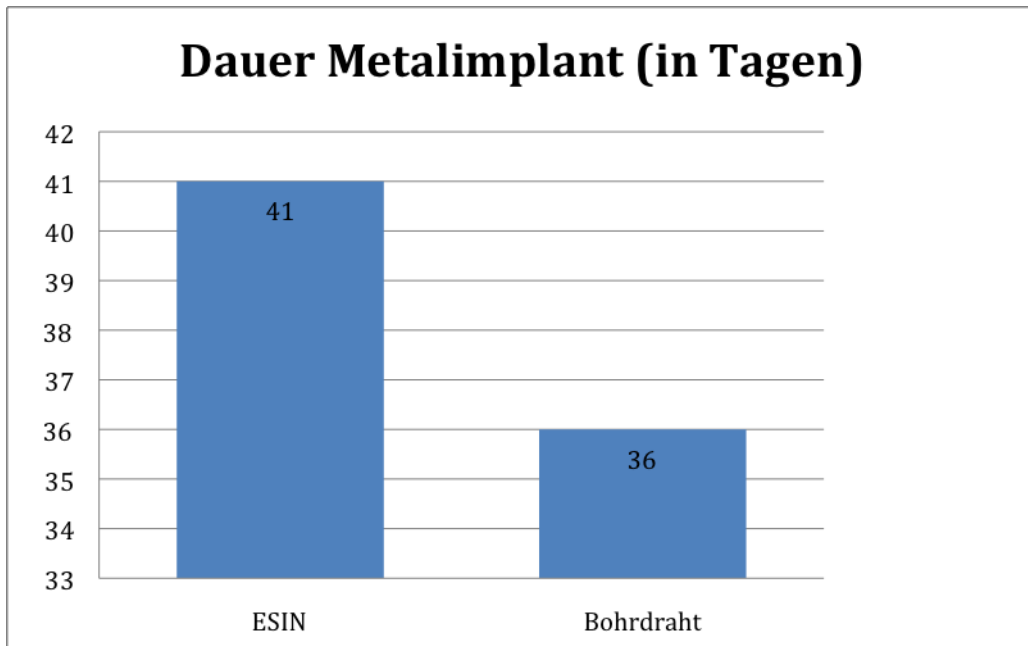


Abb. 12: Verweildauer der Metallimplantate

## 2.2 ESIN – versorgte Patienten

25 Patienten wurden an der Universitätsklinik für Kinder und Jugendchirurgie mit der 2-Nagel Technik versorgt. Davon waren 12 Patienten weiblich und 13 Patienten männlich. Bei der Operation lag das Durchschnittsalter bei den Mädchen bei 11,1 Jahren (range: 14,7-4,7 Jahre) Jahren und bei den Buben bei 10,6 Jahren (range: 15,9-3,1 Jahre).

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag das Durchschnittsalter bei den männlichen Patienten bei 15,0 (range: 22,7-7,0) Jahre und bei den weiblichen Patienten bei 16,3 (range: 23,0-9,8) Jahre.

Im Durchschnitt waren die mit ESIN versorgten Patienten, um 1,9 Jahre jünger als die mit Bohrdraht-Osteosynthese behandelten Patienten,

3 (12%) Patienten zogen sich die Fraktur beim Sport zu und 22 (88%) Patienten in der Freizeit. Eine Patientin hatte ein Polytrauma und bei 2 Patienten wurde zusätzlich die Diagnose Comotio cerebri gestellt.

Die häufigste Unfallursache in dieser Gruppe war der Sturz vom Pferd - dies kam 3-mal vor.

Die Verweildauer des Metallimplantates lag im Durchschnitt bei 41 Tagen. Die Anzahl der durchgeführten Kontrollröntgen lag im Mittel bei 3,7 Aufnahmen.

### **2.3 Bohrdraht-Osteosynthese versorgte Patienten**

Von den 62 Patienten wurden 41 (61%) mit einer Bohrdrahtosteosynthese versorgt, wobei die Kirschner Drähte perkutan implantiert wurden. Von diesen Patienten waren 16 weiblichen und 25 männlichen Geschlechts.

Das Durchschnittsalter bei der Nachuntersuchung gesamt lag bei 20,4 Jahren (range 11,1 – 28,0). Bei den Mädchen lag das Durchschnittsalter bei 20,3 (range: 11,1 – 25,1) und bei den Buben bei 20,6 Jahren (range: 13,4 – 26,2).

Zum Zeitpunkt der Operation lag das Durchschnittsalter bei 12,7 Jahren (range: 3,0 – 16,4). Bei den Mädchen lag das durchschnittliche Operationsalter bei 12,2 (range: 3,0-15,5) und bei den Buben bei 13,1 (range: 8,3-15,9).

Im Durchschnitt waren die Patienten welche mit einer Bohrdraht - Osteosynthese versorgt worden sind um 1,9 Jahre älter als die Patienten welche mit ESIN versorgt worden sind.

Im Schnitt hatten die Patienten die Kirschner-Drähte 36 Tage liegen. Bei 5 Patienten konnte die Dauer nicht erhoben werden, da bei diesen das Metall nicht an der Universitätsklinik Graz entfernt wurde.

## 2.4 Nachuntersuchte Patienten

Zu dem vereinbarten Nachuntersuchungstermin erschienen 31 Patienten (47%). Davon wurden 15 mit ESMN und 16 mit einer Bohrdraht-Osteosynthese versorgt.

Davon waren 18 Patienten männlichen und 13 weiblichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter am Tag der Nachuntersuchung lag bei 17,1 Jahren (range: 7,0 – 27,8). Bei den Mädchen lag das Durchschnittsalter bei 17,5 Jahren (range: 11,3 – 20,3) und bei den Buben bei 16,9 Jahren (range: 7,0 – 27,8).

Das Durchschnittsalter bei der Operation lag bei den Mädchen bei 11,8 Jahren (range: 7,2 – 15,5) und bei den Buben bei 11,0 Jahren (range: 3,1 – 15,9). Im Mittel betrug das Alter bei der Operation bei allen Patienten 11,3 Jahre.

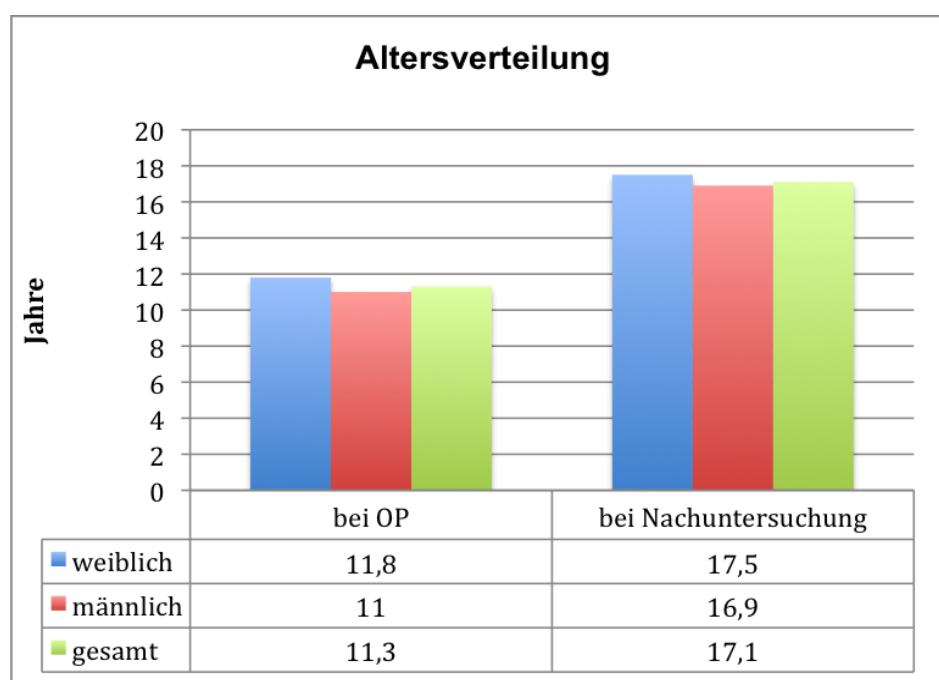


Abb.13: Altersverteilung der Patienten zum OP-Zeitpunkt und bei der Nachuntersuchung

Zwischen der Operation und der Nachuntersuchung lagen im Durchschnitt 5,8 Jahre (range: 1,1 – 12,5). Keiner der Patienten erlitt in diesem Zeitraum eine Refraktur des Oberarmes. 4 (12,9%) Patienten erhielten nach der Frakturheilung

eine Physiotherapie, bzw. bekamen Übungen gezeigt welche sie Zuhause durchführten.

## **2.5 Auswertung des DASH-Scores**

Von den 31 nachuntersuchten Patienten konnte bei 30 Patienten der allgemeine Teil des DASH-Scores berechnet werden. Bei einem Patienten konnte man ihn nicht berechnen, da vom Patienten mehr als 3 Fragen nicht ausgefüllt wurden.

Der durchschnittliche DASH-Score betrug 1,65. Es gab einen Patienten mit einem Spitzenwert von 17,50. In den Bewegungstests im Rahmen des Constant-Scores konnten allerdings keine Defizite erhoben werden.

Beim Arbeits- und Sportmodul gab es einen Patienten welcher Werte von 25 und 43 erreichte.

Patienten. die mit ESIN versorgt wurden, erreichten im Durchschnitt einen Wert von 1,91 und die mit einer Bohrdraht-Osteosynthese versorgt wurden 1,44.

Das Arbeitsmodul wurde von 15 Patienten (48,4%) beantwortet und ausgewertet. Der Durchschnittsscore gesamt lag bei 1,67. Bei den ESIN versorgten Patienten lag er bei 0 und bei den Patienten , die mit Bohrdraht-Osteosynthese versorgt wurden, bei 2,78.

Das Sport- und Musikmodul wurde von 22 (68,2%) Patienten beantwortet und ausgewertet. Der Durchschnittsscore gesamt lag bei 3,09. Bei den ESIN versorgten Patienten lag er bei 1,56 und bei den Patienten, die mit Bohrdraht-Osteosynthese versorgt wurden, bei 2,69.

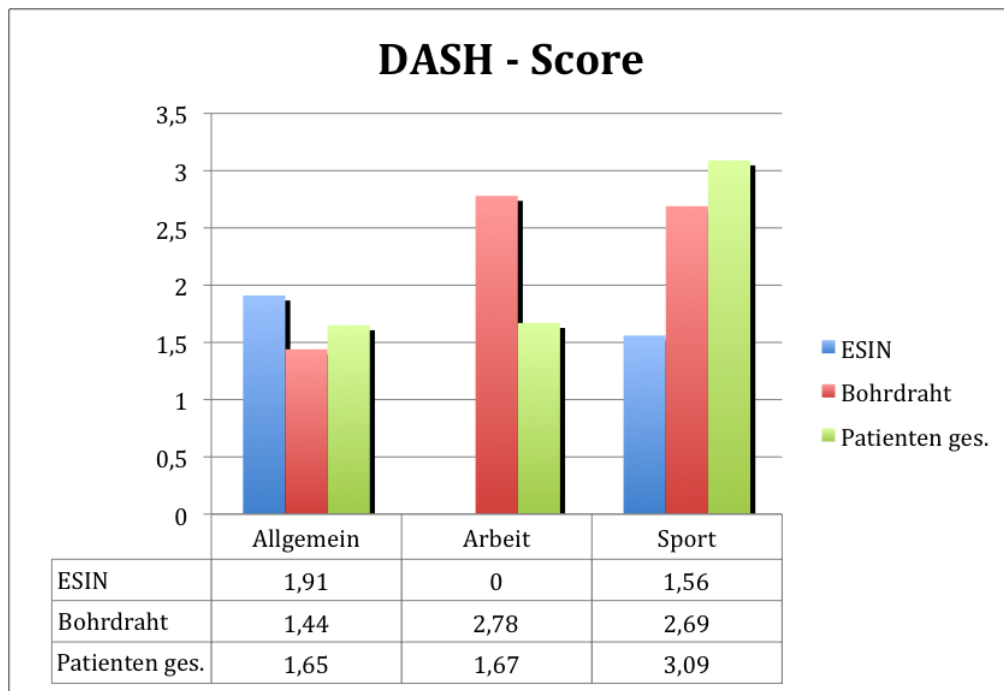


Abb.14: Vergleichende Darstellung der ausgewerteten DASH-Scores

Im Arbeits- sowie im Sport- und Musikmodul schnitten die Patienten, welche mit ESIN versorgt wurden, besser ab.

Im allgemeinen Teil schnitten jedoch die mit Bohrdraht-Osteosynthese versorgten Patienten, um 0,47 Punkte besser ab.

## 2.6 Auswertung des Constant-Scores

Der mittlere Constant-Score aller Patienten betrug 74,23. (range: 66-75).

Der mittlere Constant-Score aller Patienten für den Kraftteil betrug 16,63. (range: 5-25).

Patienten, welche mit ESIN versorgt wurden, erreichten einen mittleren Constant-Score von 74,40 Punkten und im Kraftteil 15,13 Punkte.

Patienten, welche mit einer Bohrdraht-Osteosynthese versorgt wurden erreichten einen mittlere Constant-Score von 74,06 Punkten und im Kraftteil 18,13 Punkte.

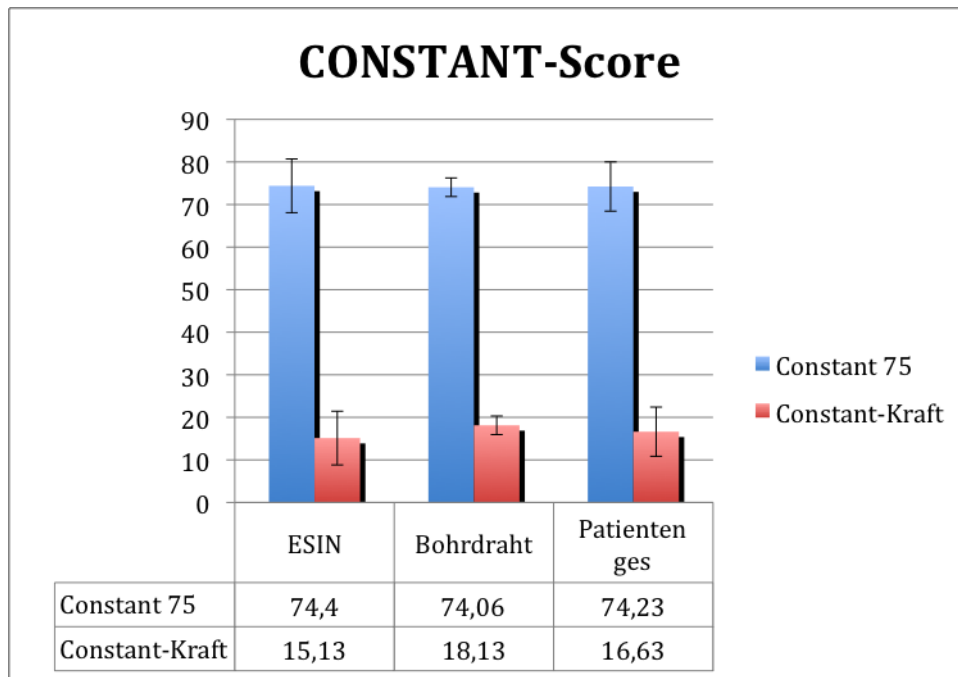


Abb. 15: Vergleichende Darstellung der ausgewerteten Constant-Scores

Zwei Patienten konnten die Innenrotation, dabei wird der Handrücken entlang der Wirbelsäule geführt, nur bis zum 12. Rückenwirbel schmerzfrei durchführen. Beide Patienten wurden mit einer Bohrdraht-Osteosynthese versorgt.

In dieser Hinsicht ist auch aufgefallen, dass 4 Patienten angaben „wetterfülig“ zu sein, d.h. sie beschrieben einen wetterabhängigen ziehenden Schmerz in der Oberarm-Schulter-Region

## **2.7 Funktionalität**

Alle nachuntersuchten Patienten zeigten eine sehr gute Funktionalität im Schulter-Oberarmbereich. Die Patienten selbst waren auch alle sehr zufrieden mit ihrem Bewegungsausmaß.

## 2.8 Auswertung der Röntgen Bilder

Bei allen vorhandenen Röntgenbildern vom Unfall, präoperativ, wurde in der seitlichen und in der ap-Aufnahme die Diaphysen-Collum-Achse gemessen. Dieser Winkel wurde ebenso in den Röntgenbildern der Nachuntersuchung vermessen.

Unabhängig vom Patientenalter und dem Grad der Deformität haben sich alle Frakturen gut remodelliert..

Patient Nr.	Alter bei Op	Rö Unfall ap (°)	Rö Unfall seit	Rö NU ap (°)	Rö NU seitl
1	11,36	5	6	0	6
2	12,35	18	nn	8	10
3	12,38	26	nn	12	10
4	11,63	16	nn	2	6
5	3,93	0	12	1	4
6	12,33	12	nn	3	2
7	14,33	3	nn	2	2
8	15,10	2	nn	2	8
9	13,75	8	nn	6	20
10	15,81	nn	58	10	20
11	12,80	nn	44	10	16
12	13,28	12	nn	10	20
13	7,18	12	nn	0	2
14	13,49	nn	nn	6	8
15	15,07	nn	12	2	4
16	13,87	16	24	14	8
17	13,81	22	nn	12	20
18	8,32	nn	16	12	12
19	11,17	nn	nn	8	2
20	12,17	26	38	6	0
21	8,77	7	12	2	2
22	3,12	nn	4	8	1
23	4,93	15	nn	3	3
24	6,18	8	6	0	2
25	3,79	8	1	6	8
26	11,12	nn	4	10	10
27	12,43	10	nn	2	4
28	15,48	6	8	6	10
29	14,53	40	0	6	14
30	12,05	10	nn	2	4
31	13,80	16	nn	8	2

Tab.1: Veränderungen der Diaphysen-Collum-Achse vom Unfallbild zur Nachuntersuchung.

nn = kein Bild vorhanden.

### 3 Diskussion

Die proximale Humerusfraktur ist eine seltene Fraktur bei Kindern und Jugendlichen - sie macht etwa 1,6 % aller Frakturen aus (von Laer 2007). Angesichts der nahegelegenen hochpotenten Wachstumsfuge und dem großen Bewegungsausmaß der drei Bewegungsebenen des Schultergelenks besteht ein großes Remodellierungs-Potential. Dennoch werden viele proximale Humerusfrakturen operativ versorgt. In dieser Studie wurde das funktionelle Langzeitergebnis und das Remodellierungs-Potential nach operativ versorgten proximalen Humerusfrakturen untersucht. In die Studie wurden 66 Patienten, die zwischen 2004 – 2010 an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie operativ mittels ESIN oder K-Drahtosteosynthese versorgt wurden, klinisch und radiologisch nachuntersucht. Als validierte Scores wurden hierbei der DASH Score und der Constant Score verwendet.

Bei der klinischen Nachuntersuchung fiel auf, dass die meisten Patienten Probleme mit der Fragestellung hatten. Sowohl der DASH-Score als auch der Constant-Score sind für Erwachsene konzipiert worden und enthalten Fragen, mit welchen ein Kind bzw. Jugendlicher nicht vertraut ist.

Nur 53% der Patienten, welche mit ESMN versorgt wurden, haben das Sport- und Musikmodul, und nur 40% das Arbeitsmodul beantwortet.

Bei den Patienten, die mit Bohrdraht-Osteosynthese versorgt wurden, haben 100% das Sport- und Musikmodul und 56% das Arbeitsmodul beantwortet. Patienten, welche mit einer Bohrdraht-Osteosynthese versorgt wurden, hatten ein um 5,82 Jahre höheres Durchschnittsalter als die Patienten, welche mit ESIN versorgt wurden. Aus der K-Draht Gruppe befanden sich die meisten Patienten bereits im Arbeitsprozess und konnten daher auf die Fragen aus der Arbeitswelt häufiger antworten als noch in die Schule gehende Patienten.

Auch der Constant-Score wurde für Erwachsene entworfen. Bei der Auswertung des Constant-Scores erwies sich der Kraftteil als für junge Patienten besonders ungeeignet. Im Kraftteil wurde deshalb die maximale Punktzahl von 100 auf 75 reduziert. Kinder sowie Jugendliche können physiologischerweise nicht die Kraft

eines Erwachsenen aufbringen. Dem wurde Rechnung getragen, in dem der Kraftteil separat abgehandelt und die maximale Punktzahl auf 75 reduziert wurde. Wäre dies nicht gemacht worden wären fälschlicherweise schlechtere Ergebnisse im Constant-Score herausgekommen da die altersentsprechende maximale Kraft, objektiv und subjektiv erreicht worden ist.

Beide Scores wurden dennoch für diese Nachuntersuchung verwendet, da keine validierten Fragebögen für die obere Extremität im Kindes- und Jugendalter zur Verfügung stehen. Auch in der vergleichbaren Literatur wurden bereits beide Scores für Kinder und Jugendliche angewandt. Bahrs et al. verwendeten 2009 zur Evaluierung nach operativ behandelten proximalen Humerusfrakturen den Constant – Score. Hier zeigten Patienten unter 10 Jahren einen Mittelwert von 89 Punkten und Patienten über 10 Jahren einen Mittelwert von 95 Punkten. Dies entspricht auch unseren Ergebnissen. Ältere PatientInnen sind den Fragen offenbar mehr gewachsen und erreichen so eine höhere Punktzahl.

In diese Studie wurden ausschließlich Patienten nach operierter proximaler Humerusfraktur inkludiert. Die Patienten in der Studie hatten zum Zeitpunkt der Operation ein Durchschnittsalter von 11,3 Jahren. Zur Therapieplanung wurde in erster Linie der Dislokationsgrad herangezogen.

David et al. beschrieben in einer 2006 veröffentlichten Publikation, dass in ihrer Studie alle proximale Humerusfrakturen bis zum 14. Lebensjahr, unabhängig vom Ausmaß der Dislokation, konservativ versorgt wurden (David et al. 2006). In ihrer Studie zeigte sich bei einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 9,8 Monaten, ein mittlerer Constant-Score von 95,5 Punkten (David et al. 2006).

David et al. deklarierten 2006 eine operative Behandlung unterhalb des 14. Lebensjahres als Überbehandlung. Ein operatives Vorgehen wurde für Patienten ab dem 14. Lebensjahr empfohlen (David et al. 2006). Dieser Therapiealgorithmus wurde von Dameron und Reibel unterstützt, welche bereits schon 1969 46 Patienten mit einer proximalen Humerusfraktur nachuntersuchten und ein schlechteres Outcome bei Patienten, welche konservativ behandelt wurden und älter als 14 Jahre waren, aufzeigten. Dameron und Reibel beschrieben aber auch, dass Kinder über 11 Jahren nur eine Deformität bis 20° remodellieren können (Dameron et Reibel 1969). Dies steht im Gegensatz zu unseren Ergebnissen: hier

konnten 7 Patienten welche über 11 Jahren waren eine Deformität von über 20° remodellieren.

Binder et al. diskutierten 2011, dass die Behandlung in Abhängigkeit vom Alter erfolgen sollte, erwähnten aber auch, dass das numerische Alter nicht immer mit dem biologischen Alter gleichzusetzen ist. Als Altersgrenze für die anatomische Reposition nannten sie 12 Jahre (Binder et al. 2011).

Möglicherweise aber liegt die Altersgrenze für ein potentiell Remodeling doch höher: In unserer Studie war der älteste Patient zum Unfallzeitpunkt 15,8 Jahre alt und hatte eine Deformität von 58° remodelliert. Er zeigte keine funktionellen Defizite und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine vollständig freie Beweglichkeit sowie einen Constant-Score von 98 Punkten.

Schwendenwein et al. waren sich 2003 bewusst, dass eine manchmal notwendige Einstellung bei einer konservativen Therapie von dislozierten Frakturen sehr schmerzhaft und frustrierend für das Kind sein kann und stützten sich auf die Aussage von Aitken 1963, dass eine häufige Reposition eine Verletzung der Wachstumsfuge und der Gefäße als Folge haben kann (Schwendenwein et al. 2003; Aitken 1963). Baxter und Wiley postulierten 1986, dass proximale Humerusfrakturen bei Kindern und Jugendlichen nur dann operativ behandelt werden sollen, wenn es zu Weichteilschäden oder Gefäßverletzungen aufgrund der Fraktur gekommen ist (Baxter et Wiley 1986).

Gefestigt haben sich die absoluten Operationsindikationen. Pahlaven et al. veröffentlichten 2011 ein Review, bei dem sie die Literatur über proximale Humerusfrakturen, operativ sowie konservativ behandelt und alle Patienten waren unter 18 Jahren, von Jänner 1960 – April 2010 verglichen. Nach ihren Recherchen kamen sie zu dem Entschluss, dass man gerade in der Altersgruppe zwischen 10 – 13 Jahren die Entscheidung zu einer operativen Therapie individuell von Fall, Geschlecht, Knochenalter und dem biologischen Remodellierungs-Potential treffen soll (Pahlaven et al. 2011).

Für die operative Behandlungsmethode stehen die K-Draht Osteosynthese und die Behandlung mittels ESIN zur Verfügung. Über die ESIN-Methode betrifft findet

man in der Literatur häufig die 2-Nägel Methode, es besteht aber auch die Möglichkeit die Osteosynthese nur mit einem intramedullären Nagel durchzuführen. Dies reduziert die Gefahr einer Verletzung der Wachstumsfuge sowie die Operationsdauer (Chee et al. 2006).

In dieser Studie zeigte sich, dass Patienten, welche mit ESIN behandelt wurden, im DASH-Score im Arbeits- sowie im Sport und Musikmodul besser abschnitten als Patienten, welche mit einer Bohrdrahtosteosynthese versorgt wurden. Im allgemeinen Teil schnitten die ESIN-versorgten Patienten jedoch schlechter ab. Im Constant-Score unterschieden sich die Gruppen nur um 0,3 Punkte zugunsten der Patienten welche mit ESIN versorgt wurden. Wie schon angesprochen kann dies auf die Fragestellung zurückzuführen sein. Oft schlecht bewertet wurde bei den jüngeren Patienten die Fragen bei denen es sich um die mögliche Durchführung von Garten, Hof und Hausarbeit handelte (Frage Nummer 5,7 und 8, siehe Anhang DASH-Score). Die Frage über die sexuelle Aktivität (Frage Nummer 21, siehe Anhang DASH-Score) wurde meist gar nicht beantwortet, dadurch verschlechterte sich das Ergebnis auch.

In der Publikation von Schwendenwein et al. 2004 wurden von 16 Patienten 14 mit Kirschnerdrähten behandelt, die Beweglichkeit war hierbei bei 11 Patienten sehr gut, bei 2 Patienten gut und bei einem Patienten aufgrund von anderen Begleitverletzungen nur akzeptabel. Schwendenwein et al. 2004 verwendeten einen eigenen Score wobei die Bewegung, der Schmerz und das subjektive Empfinden herangezogen wurde (Schwendenwein et al. 2004).

4 Patienten gaben in unserer Studie an, „wetterfühlig“ zu sein. Auffallend ist, dass alle 4 Patienten mit einer K-Draht-Osteosynthese versorgt wurden und keiner von den Patienten, welche mit ESIN versorgt wurden ähnliche Beschwerden angaben.

Rajan et al. publizierten 2007 eine Studie, bei welcher 14 Patienten mit ESIN behandelt wurden und alle bei der Nachuntersuchung keinerlei Einschränkungen hatten. Sie wiesen aber explizit auch darauf hin, dass das Durchschnittsalter bei der Operation bei 12,5 Jahren lag (Rajan et al. 2007).

Die ESIN-Versorgung bietet den Vorteil, dass unmittelbar nach der Operation Bewegungsstabilität vorliegt und eine weitere Ruhigstellung meist nicht erforderlich ist. Nachteil jedoch ist, dass eine neuerliche Narkose zur Metallentfernung erforderlich ist. Volkswirtschaftlich gesehen ist dies mit erhöhten Kosten verbunden.

Der Vorteil der Kirschner-Draht-Methode ist, dass die K-Drähte unter Analgosedierung ambulant entfernt werden können. Dies erfolgt wenn die Fraktur konsolidiert ist.

Nachteil der K-Drahtosteosynthese ist aber, dass die Osteosynthese nicht bewegungsstabil ist und der Oberarm zusätzlich für 4-6 Wochen mit einem Gilchristverband ruhiggestellt werden muss.

#### Fazit für die Praxis:

In unserer Studie war das funktionelle Outcome nach ESIN und K-Draht Osteosynthese einer proximalen Oberarmfraktur im Wachstumsalter ähnlich. Auch vor Fugenschluss zeigt die proximale Oberarmfraktur ein großes Remodellierungs-Potential.

## 4 Literaturverzeichnis

Aitken AP (1963) Fractures of the proximal humeral epiphysis. Surg. Clin. North Am; 43: 1573 – 1580.

Bahrs C, Zipplies S, Ochs BG, Rether J, Oehm J, Eingartner C et al (2009) Proximal humeral fractures in children and adolescents. J Pediatr Orthop 29(3):238–242.

Baxter MP, Wiley JJ (1986) Fractures of the proximal humeral epiphysis. Their influence on humeral growth. J Bone Joint Surg Br 68:570–573.

Binder H., Schurz M., Aldrian S. Fialka C., Véscei V.. Pyseal injuries of proximal humerus: long-term results in seventy two patients. International Orthopaedics (SICOT) 2011; Springer Verlag.

Breusch S., Mau H., Sabo D., Clarius M.. Klinikleitfaden Orthopädie Unfallchirurgie. Verlag: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; Auflage: 6 (13. Juli 2009) ISBN-10: 3437224727.

Bucher O., Wartenberg H.. Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Verlag: Hans Huber; Auflage: 12. Vollständ. überarb. (1997) ISBN-10: 3456827857.

Canalis E., McCarthy T, Centrella M. Growth factors and the regulation of bone remodeling. J Clin Invest. 1988 February; 81(2): 277–281.

Chee Y., Agorastides I., Garg N., Bass A. Bruce C.. Treatment of severely displaced proximal humeral fractures in children with elastic stable intramedullary nailing. Journal of Pediatric Orthopaedics B 2006, 15:45–50.

Constant CR., Murley AH.. A clinical method of functional assesment of the schoulder. Clin Orthop. 1987 Jan; (214):106-4.

Dameron TB, Reibel DB. Fractures involving the proximal humeral epiphyseal plate. J Bone Joint Surg Am 1969; 51A:289–297.

Einhorn, Thomas A. MD. The Cell and Molecular Biology of Fracture Healing. Clinical Orthopaedics & Related Research: October 1998 - Volume 355 - Issue - pp S7-S21.

Fernandez FF., Eberhardt O., Langendörfer M., Wirth T.. Treatment of severely displaced proximal humeral fractures in children with retrograde elastic stable intramedullary nailing. Injury Int. Care Injured (2008) 39, 1453-1459.

Frost HM (1987) Vital biomechanics. Proposed general concepts for skeletal adaptation to mechanical usage. Calci©ed TissueInternational 45, 145±156.

Gerstenfeld L.C., Cullinane D.M., Barnes G.L., Graves D.T., Einhorn T.A.. Fracture healing as a post-natal developmental process: Molecular, spatial, and temporal aspects of its regulation. Journal of Cellular Biochemistry. Volume 88, Issue 5, pp. 873–884, 1 April 2003.

Hadjidakis D.J, Androulakis I.I.. Bone Remodeling; Women's Health and Disease: Gynecologic, Endocrine, and Reproductive Issues Volume 1092; December 2006; pp. 385–396.

Hartmann M., Pabst M.A., Dohr G.. Zytologie, Histologie und Mikroskopische Anatomie: Licht und elektronenmikroskopischer Bildatlas. Verlag: Facultas; Auflage: 5; Dezember 2010; ISBN-10: 3708906829.

Huiskes R. If bone is the answer, then what is the question? Journal of Anatomy Volume 197, Issue 2, pages 145–156, August 2000.

Iwaki A., Jingushi S., Oda Y., Izumi T., Shida J.I., Tsuneyoshi M. et al. Localization and quantification of proliferating cells during rat fracture repair: detection of proliferating cell nuclear antigen by immunohistochemistry *J Bone Miner Res*, 12 (1997), pp. 96–102.

Junqueira L.C.U, Carneiro J., Mayerhofer A., Schilling K., Richter W., Wurziger L.J in Gratzl M. *Histologie* Verlag: Springer Berlin Heidelberg; Auflage: 6., neu übers. überarb. A. 15. September 2004 ISBN-10: 354021965X.

Knorr P., Joeris A., Lieber J., et al. The use of ESIN in humerus fractures. *Eur J Trauma* 2005;1:12—8.

Lippert H..Lehrbuch Anatomie. Verlag: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; Auflage: 8 15. Juni 2011; ISBN-10: 343742365.

Murray D.W, Wilson-Macdonald J., Morscher E., Rahn B. A. Käslin M.. BONE GROWTH AND REMODELLING AFTER FRACTURE. *J Bone Joint Surg [Br]* 1996;78-B:42-50.

Niethard U. *Kinderorthopädie*. Verlag: Thieme, Stuttgart; Auflage: 2. Auflage. 21. Oktober 2009 ISBN-10: 3131065923.

Pahlavan S., Baldwin K. D., Nirav K. Pandya N. K., Namdari S., Hosalkar H.. Proximal humerus fractures in the pediatric population: a systematic review. *Child Orthop* (2011) 5:187–194.

Peng H., Usas A., Olshanski A., Ho A.M., Gearhart B., Cooper G.M. et al. VEGF improves, whereas sFlt1 inhibits, BMP2-induced bone formation and bone healing through modulation of angiogenesis *J Bone Miner Res*, 20 (2005), pp. 2017–2027.

Platzer W. *Taschenatlas Anatomie 01. Bewegungsapparat*. Verlag: Thieme, Stuttgart; Auflage: 10., überarbeitete und ergänzte Auflage. 26. August 2009; ISBN-10: 3134920107.

Rajan RA., Hawkins KJ., Metcalfe J., Konstantoulakis C., Jones S., Fernandes J.. Elastic stable intramedullary nailing for displaced proximal humeral fractures in older children. *J Child Orthop* 2: 15-19, 2008.

Robling A.G., Castillo A.B., Turner C.H.. BIOMECHANICAL AND MOLECULAR REGULATION OF BONE REMODELING. *Annual Review of Biomedical Engineering* Vol. 8; 2006: 455-498.

Sadler T. Medizinische Embryologie: Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. Verlag: Thieme, Stuttgart; Auflage: 11. vollständig überarbeitete 25. September 2008; ISBN-10: 3134466112.

Schindeler A., McDonald M.M., Bokko P., Little D.G.. Boneremodeling during fracture repair: The cellular picture. *Seminars in Cell & Developmental Biology* Volume 19, Issue 5, October 2008, Pages 459–466.

Schmittbecher PP, Blum J, David ST, et al. Die Behandlung von Humerusschaftfrakturen und subcapitalen Humerusfrakturen im Kindesalter. *Unfallchirurg* 2004;107: 8—14.

Schwendenwein E, Hajdri S, Gaebler C, Stengg K, Vecsei V. Displaced fractures of the proximal humerus in children require open/closed reduction and internal fixation. *Eur J Pediatr Surg* 14:51–55; 2004.

Von Laer L., Kraus R., Linhart W.E.. Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. Verlag: Thieme, Stuttgart; Auflage: 5., 25. April 2007. ISBN-10: 3136743059.

Waldeyer A., Fanghänel J., Pera F. Anatomie des Menschen. Verlag: Gruyter; Auflage: 18 15. September 2009; ISBN-10: 3110193531.

Weinberg A.M., Schneidmüller D.. Unfallchirurgie bei Kindern: Kompendium der Kindertraumatologie. Verlag: Deutscher Ärzte-Verlag; Auflage: 1 23. Juli 2010 ISBN-10: 3769112288.

Weinberg A.M., Tscherne H., Henkel R.. Tscherne Unfallchirurgie: Unfallchirurgie im Kindesalter - Teil 1: Allgemeiner Teil, Kopf, Obere Extremität. Verlag: Springer Berlin Heidelberg; Auflage: 1 31. Mai 2006 ISBN-10: 3540632875.

Wolff J. Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin: Verlag von August Hirschwald, 1892.

<http://www.dash.iwh.on.ca> , letzter Zugriff am 06.10.12

<http://www.teambone.com/wolff.html> , letzter Zugriff am 06.10.12.

# Anhang – Fragebögen

## Constant-Schulter-Score

Name, Vorname: _____	Betroffene Schulter: <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li
Geb.-Datum: _____	Dominanter Arm: <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li
Untersuchungsdatum: _____	

**Schmerz:** (der am stärksten verspürte im Verlauf des täglichen Lebens)

kein	mild	mäßig	starke Schmerzen
0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15			
Punkte: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0			_____ 15

**Alltagsaktivitäten:**

Arbeitsfähigkeit: 0 - 1 - 2 - 3 - 4  
 Freizeit-/Sportfähigkeit: 0 - 1 - 2 - 3 - 4  
 Schlaffähigkeit: 0 - 1 - 2

**Handreichweite:** Verrichtung von Arbeiten schmerzlos möglich bis .....

Gürtellinie	Xiphoid	Hals	Scheitel	über den Kopf hinaus
2	4	6	8	10

\_\_\_\_\_ 20

**Motilität:** schmerzfrei + aktiv !

	Flexion:	Abduktion:
0° - 30°	0	0
31° - 60°	2	2
61° - 90°	4	4
91° - 120°	6	6
121° - 150°	8	8
151° - 180°	10	10

**Außenrotation:** (Punkte jeweils addieren)

Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach vorne	2
Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen zur Seite	2
Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach vorne	2
Hand am Hinterkopf, Ellenbogen zur Seite	2
Uneingeschränkte Überkopfbeweglichkeit	2

**Innenrotation:**

Handrücken auf Außenseite des Oberschenkels	0
Handrücken auf Gesäß	2
Handrücken auf lumbosacralem Übergang	4
Handrücken auf Gürtellinie (3. LWK)	6
Handrücken auf 12. Rückenwirbel	8
Handrücken zwischen den Schulterblättern	10

\_\_\_\_\_ 40

**Kraft:** Messwert: \_\_\_\_\_ kg → entsprechenden Punktwert unten markieren

90° Abduktion in der Scapularebene, Hand proniert.

Messung mit Isohex Kraftmessgerät (Cursor AG, Bern, Schweiz). 1 Punkt entspricht einem Pfund (=0,45 kg)

1 P 0,45 kg	6 P 2,7 kg	11 P 4,95 kg	16 P 7,2 kg	21 P 9,45 kg
2 P 0,9 kg	7 P 3,15 kg	12 P 5,4 kg	17 P 7,65 kg	22 P 9,9 kg
3 P 1,35 kg	8 P 3,6 kg	13 P 5,85 kg	18 P 8,1 kg	23 P 10,35 kg
4 P 1,8 kg	9 P 4,05 kg	14 P 6,3 kg	19 P 8,55 kg	24 P 10,8 kg
5 P 2,25 kg	10 P 4,5 kg	15 P 6,75 kg	20 P 9,0 kg	25 P 11,25 kg

Untersucher: \_\_\_\_\_ Gesamtpunktzahl: \_\_\_\_\_

100

THE

# DASH

## INSTRUCTIONS

This questionnaire asks about your symptoms as well as your ability to perform certain activities.

Please answer *every question*, based on your condition in the last week, by circling the appropriate number.

If you did not have the opportunity to perform an activity in the past week, please make your *best estimate* on which response would be the most accurate.

It doesn't matter which hand or arm you use to perform the activity; please answer based on your ability regardless of how you perform the task.



## DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

Please rate your ability to do the following activities in the last week by circling the number below the appropriate response.

	NO DIFFICULTY	MILD DIFFICULTY	MODERATE DIFFICULTY	SEVERE DIFFICULTY	UNABLE
1. Open a tight or new jar.	1	2	3	4	5
2. Write.	1	2	3	4	5
3. Turn a key.	1	2	3	4	5
4. Prepare a meal.	1	2	3	4	5
5. Push open a heavy door.	1	2	3	4	5
6. Place an object on a shelf above your head.	1	2	3	4	5
7. Do heavy household chores (e.g., wash walls, wash floors).	1	2	3	4	5
8. Garden or do yard work.	1	2	3	4	5
9. Make a bed.	1	2	3	4	5
10. Carry a shopping bag or briefcase.	1	2	3	4	5
11. Carry a heavy object (over 10 lbs).	1	2	3	4	5
12. Change a lightbulb overhead.	1	2	3	4	5
13. Wash or blow dry your hair.	1	2	3	4	5
14. Wash your back.	1	2	3	4	5
15. Put on a pullover sweater.	1	2	3	4	5
16. Use a knife to cut food.	1	2	3	4	5
17. Recreational activities which require little effort (e.g., cardplaying, knitting, etc.).	1	2	3	4	5
18. Recreational activities in which you take some force or impact through your arm, shoulder or hand (e.g., golf, hammering, tennis, etc.).	1	2	3	4	5
19. Recreational activities in which you move your arm freely (e.g., playing frisbee, badminton, etc.).	1	2	3	4	5
20. Manage transportation needs (getting from one place to another).	1	2	3	4	5
21. Sexual activities.	1	2	3	4	5

## DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

	NOT AT ALL	SLIGHTLY	MODERATELY	QUITE A BIT	EXTREMELY
22. During the past week, to what extent has your arm, shoulder or hand problem interfered with your normal social activities with family, friends, neighbours or groups? (circle number)	1	2	3	4	5

	NOT LIMITED AT ALL	SLIGHTLY LIMITED	MODERATELY LIMITED	VERY LIMITED	UNABLE
23. During the past week, were you limited in your work or other regular daily activities as a result of your arm, shoulder or hand problem? (circle number)	1	2	3	4	5

Please rate the severity of the following symptoms in the last week. (circle number)

	NONE	MILD	MODERATE	SEVERE	EXTREME
24. Arm, shoulder or hand pain.	1	2	3	4	5
25. Arm, shoulder or hand pain when you performed any specific activity.	1	2	3	4	5
26. Tingling (pins and needles) in your arm, shoulder or hand.	1	2	3	4	5
27. Weakness in your arm, shoulder or hand.	1	2	3	4	5
28. Stiffness in your arm, shoulder or hand.	1	2	3	4	5

	NO DIFFICULTY	MILD DIFFICULTY	MODERATE DIFFICULTY	SEVERE DIFFICULTY	SO MUCH DIFFICULTY THAT I CAN'T SLEEP
29. During the past week, how much difficulty have you had sleeping because of the pain in your arm, shoulder or hand? (circle number)	1	2	3	4	5

	STRONGLY DISAGREE	DISAGREE	NEITHER AGREE NOR DISAGREE	AGREE	STRONGLY AGREE
30. I feel less capable, less confident or less useful because of my arm, shoulder or hand problem. (circle number)	1	2	3	4	5

DASH DISABILITY/SYMP TOM SCORE =  $\frac{[(\text{sum of } n \text{ responses}) - 1] \times 25}{n}$ , where n is equal to the number of completed responses.

A DASH score may not be calculated if there are greater than 3 missing items.

## DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

### WORK MODULE (OPTIONAL)

The following questions ask about the impact of your arm, shoulder or hand problem on your ability to work (including home-making if that is your main work role).

Please indicate what your job/work is: \_\_\_\_\_

I do not work. (You may skip this section.)

Please circle the number that best describes your physical ability in the past week. Did you have any difficulty:

	NO DIFFICULTY	MILD DIFFICULTY	MODERATE DIFFICULTY	SEVERE DIFFICULTY	UNABLE
1. using your usual technique for your work?	1	2	3	4	5
2. doing your usual work because of arm, shoulder or hand pain?	1	2	3	4	5
3. doing your work as well as you would like?	1	2	3	4	5
4. spending your usual amount of time doing your work?	1	2	3	4	5

### SPORTS/PERFORMING ARTS MODULE (OPTIONAL)

The following questions relate to the impact of your arm, shoulder or hand problem on playing your musical instrument or sport or both. If you play more than one sport or instrument (or play both), please answer with respect to that activity which is most important to you.

Please indicate the sport or instrument which is most important to you: \_\_\_\_\_

I do not play a sport or an instrument. (You may skip this section.)

Please circle the number that best describes your physical ability in the past week. Did you have any difficulty:

	NO DIFFICULTY	MILD DIFFICULTY	MODERATE DIFFICULTY	SEVERE DIFFICULTY	UNABLE
1. using your usual technique for playing your instrument or sport?	1	2	3	4	5
2. playing your musical instrument or sport because of arm, shoulder or hand pain?	1	2	3	4	5
3. playing your musical instrument or sport as well as you would like?	1	2	3	4	5
4. spending your usual amount of time practising or playing your instrument or sport?	1	2	3	4	5

**SCORING THE OPTIONAL MODULES:** Add up assigned values for each response; divide by 4 (number of items); subtract 1; multiply by 25.

An optional module score may not be calculated if there are any missing items.

# CURRICULUM VITAE

## Persönliche Daten

Name Stefanie Maria Hörmann  
E-mail-Adresse: [steffi.hoermann@gmx.at](mailto:steffi.hoermann@gmx.at)  
Geburtsdaten: 14. Juli 1984 in Salzburg

## Schulische Ausbildung/Studium

Seit 10/2003 Studium Humanmedizin an der Medizinischen Universität Graz  
  
1999 – 2003 Bundes Oberstufen Realgymnasium Nonntal, Salzburg Schwerpunkt Informatik  
  
1994 – 1999 Wirtschaftskundliches Realgymnasium Salzburg

## Berufliche Erfahrungen/ Praktika

09.07.2012 – 17.08. 2012 PJ 1. Fächergruppe Chirurgie RoMed-Klinik Prien am Chiemsee, Deutschland  
  
28.05.2012 – 7.07.2012 PJ 2. Fächergruppe Innere Medizin RoMed-Klinik Prien am Chiemsee, Deutschland  
  
16.04.2012 – 22.05.2012 PJ. Allgemeinmedizin; Ordination Dr. Kunasek Weinitzen-Steiermark  
  
27.02.2012 – 30.03.2012 PJ 3. Fächergruppe an der Universitätsklinik für Hals- Nasen- Ohrenheilkunde Graz  
  
29.08.2011 – 09.09.2011 Famulatur Universitätsklinik für Kinder und Jugendchirurgie Graz Abt. für Kinderorthopädie  
  
25.07.2011 – 13.08.2011 Famulatur Unfallkrankenhaus Salzburg  
  
13.07.2009 – 09.08.2009 Famulatur Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Salzburg Abt. für plastische und rekonstruktive Chirurgie

14.07.2008 – 10.08.2008

Famulatur Krankenhaus der Barmherzigen Brüder  
Salzburg Abt. für Allgemein Chirurgie

16.07.2007 – 05.08.2007

Famulatur Krankenhaus der Barmherzigen Brüder  
Salzburg Abt. für Allgemein Chirurgie

**Spezielle Studienmodule**

Spezielle topographische Anatomie der  
Extremitäten;

Betriebswirtschaft im Gesundheitswesen;

Case based learning;

Chirurgische Operationslehre;

Chirurgische Patientenbetreuung;

**Sprachkenntnisse**

Deutsch: Muttersprache  
Englisch in Wort und Schrift  
Französisch Grundkenntnisse

**Besondere Interessen/ Hobbys:** Golf, Skifahren, Snowboarden