

Aus der Chirurgischen Klinik  
des Kreiskrankenhauses Dormagen  
(Professor Dr. med. D. Moschinski )  
Abteilung Unfallchirurgie

-Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität zu Köln-

**Osteosynthetische Versorgung von kindlichen  
Unterarmfrakturen  
mittels Nancy-Nagel**

**Dissertation**

**zur Erlangung des Grades eines Doktors der  
Medizin  
Der Medizinischen Fakultät der Heinrich Heine Universität  
Düsseldorf**

vorgelegt von

**Birgitta Bartel**

**2004**

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät  
der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Raab  
Dekan  
Referent: Prof. Dr. Moschinski  
Korreferent: Prof. Dr. Willnow

Meinen Eltern  
Birgit und Dr. med. Hans Walter Franken  
gewidmet.







# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>13</b>
1.1	ANATOMIE DES UNTERARMS .....	15
1.2	KNOCHENWACHSTUM .....	18
1.2.1	Ossifikation .....	18
1.2.2	Periost .....	22
1.2.3	Muskulatur .....	23
1.2.4	Durchblutung .....	23
1.3	DER PHYSIOLOGISCHE FUGENSCHLUSS .....	24
1.4	FRAKTURHEILUNG .....	25
1.4.1	Allgemeine Frakturheilung .....	25
1.4.2	Komplikationen der Frakturheilung in der Akutphase .....	26
1.4.3	Komplikationen in der Heilungsphase.....	27
1.5	WACHSTUMSSTÖRUNGEN .....	29
1.5.1	Stimulative Wachstumsstörung.....	29
1.5.2	Hemmende Wachstumsstörung.....	31
1.6	KORREKTURMECHANISMUS DES WACHSENDEN SKELETTS .....	32
1.6.1	Direkte Korrekturmechanismen.....	33
1.6.2	Indirekte Korrekturen.....	34
1.6.3	Spontankorrekturen bei Frakturen im Bereich des Vorderarmschaftes im proximalen und mittleren Drittel....	34
1.6.4	Zusammenfassung.....	35
1.7	EINTEILUNG KINDLICHER FRAKTUREN .....	36

1.8	GRUNDSÄTZLICHES ZUR THERAPIE VON KINDLICHEN FRAKTUREN .....	39
1.8.1	Einfache „inaktive“ konservative Behandlung nach von Laer .....	40
1.8.2	Aufwendigere „aktive“ konservative Behandlung..	40
1.8.3	Halbkonservative Behandlung .....	40
1.9	GESCHICHTE DER INTRAMEDULLÄREN OSTEOSYNTHESE MITTELS NANCY-NÄGEL .....	43
1.10	BIOMECHANISCHE PRINZIPIEN .....	46
1.11	INDIKATION ZUR INTRAMEDULLÄREN OSTEOSYNTHESE .....	51
1.12	PRÄOPERATIVE DIAGNOSTIK .....	54
1.13	OPERATIONSTECHNIK DER INTRAMEDULLÄREN OSTEOSYNTHESE .....	55
1.13.1	Instrumentarium .....	55
1.13.2	Operationszeitpunkt .....	55
1.13.3	Operationsmethode .....	56
1.14	OPERATIONSNACHSORGE .....	59

<b>2</b>	<b>UNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV UND METHODEN .....</b>	<b>61</b>
2.1	PATIENTENAUSWAHL .....	61
2.2	KRANKENBLATTAUSWERTUNG .....	61
2.3	OPERATIONSINDIKATION .....	63
2.4	OPERATIONSMETHODE .....	63
2.5	RADIOLOGISCHE DIAGNOSTIK .....	63
2.6	POST-OPERATIVE VERSORGUNG .....	64
2.7	NACHUNTERSUCHUNG NACH DER METALLENTFERNUNG .....	64
2.8	AUSWERTUNG .....	64
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>67</b>
3.1	ALTERS- UND GESCHLECHTSVERTEILUNG .....	67
3.2	KLASSIFIKATION DER UNTERARMFRAKTUREN NACH ...	70
3.2.1	Frakturtyp .....	70
3.2.2	Seitenlokalisation .....	70
3.2.3	Offene/ geschlossene Frakturen .....	72
3.2.4	Begleitverletzungen .....	72
3.3	UNFALLURSACHE .....	73

3.4	OSTEOSYNTHESEERGBNISSE	75
3.4.1	Zeitraum zwischen Fraktur und operativer Versorgung	75
3.4.2	Dauer des stationären Aufenthaltes	77
3.4.3	Operationsdauer im Patientenkollektiv	78
3.4.4	Dauer der Durchleuchtungszeit in Sekunden	81
3.4.5	Anästhesieart	82
3.4.6	Art der postoperativen Versorgung	82
3.4.7	Komplikationen	85
3.4.8	Operationsjahr und Patientenverteilung	85
3.5	METALLENTFERNUNGSERGBNISSE	87
3.5.1	Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung	88
3.5.2	Bezug zwischen Zeitraum der Osteosynthese und Metallentfernung zur postoperativen Versorgung	90
3.5.3	Dauer des stationären Aufenthaltes	95
3.5.4	Dauer der Metallentfernungsoperation im Gesamtpatientenkollektiv	96
3.5.5	Dauer der Durchleuchtungszeit	98
3.5.6	Anästhesieart	98
3.6	NACHUNTERSUCHUNGSERGBNISSE	99
3.7	REFRAKTUR	101
3.8	ERGBNISZUSAMMENFASSUNG	103

<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>105</b>
<b>5</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG .....</b>	<b>131</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>136</b>
<b>7</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>139</b>
<b>8</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>141</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>143</b>
<b>10</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>152</b>
<b>11</b>	<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>153</b>



# **1 EINLEITUNG**

Unterarmfrakturen sind typische Verletzungen des Kindes – und Jugendalters. Literaturangaben zu folge betreffen ungefähr 25-38% aller kindlichen Frakturen den Unterarm.

Zum überwiegenden Teil sind die Brüche paarig, d. h Ulna und Radius sind gleichzeitig frakturiert. Es folgen mit Abstand die isolierte Radius- und dann die isolierte Ulnafraktur. Als häufigste Unfallursache gelten Sturzereignisse auf die ausgestreckte Hand, wobei die Bedeutung von Trendsportarten wie Inline- skating in jüngster Zeit zugenommen hat. [ 2, 1]

Bisher galt die kindliche Unterarmfraktur als Domäne der konservativen Therapie, aufgrund der raschen Knochenbruchheilung, des hohen Spontankorrekturpotential verbleibender Fehlstellungen( im Kindesalter werden Achsenfehlstellungen bis zu 20 ° und Verschiebungen bis nahezu Schaftbreite spontan ausgeglichen) sowie der guten Toleranz von Gipsverbänden. [1]

90% der kindlichen Unterarmbrüche können laut einiger Autoren [2,43,44,45]konservativ behandelt werden.

Diese Meinung liegt vor allem darin begründet, daß die Frakturbehandlung am wachsenden Skelett aufgrund der raschen knöchernen Heilung zusätzlich durch das Fehlen von Inaktivitätsschäden problemlos sei. [28]

Ebenso berichten diese Autoren [2, 43, 44, 7] aber auch übereinstimmend darüber, daß bei ungefähr 5% der kindlichen Unterarmfrakturen keine ausreichende Retention durch alleinige Gipsimmobilisation zu erzielen sei, so daß häufig mehrmalige Nachrepositionen erforderlich seien.

Auch ist die Fähigkeit zur Spontankorrektur bei Frakturen, die sich in Schaftmitte der Unterarmknochen oder weiter proximal befinden eingeschränkt.

In diesem Fall kann das Korrekturpotential des Unterarms überfordert sein. Folgen sind Bewegungseinschränkungen und Beschwerden aufgrund klinisch und radiologisch verbliebener Achsenfehlstellung nach Unterarmschaftfrakturen des mittleren und proximalen Drittels, die zu Funktionseinbußen führen.

Diese Tatsache und aufgrund dessen, dass die Entscheidungsfähigkeit und die Ansprüche von Eltern und Kindern sich geändert haben und diese immer mehr einen kindgerechten kurzen Krankenhausaufenthalt, rasche Mobilisierung und vollständige Wiederherstellung wünschen, hat sich auch die Behandlung kindlicher Unterarmfrakturen geändert. Ein weiterer Faktor für die Veränderung der Behandlung kindlicher Unterarmfrakturen ist, dass man mit der intramedullären Schienung von Schaftfrakturen mittels Nancy-Nägeln 1978 in der Kinderchirurgischen Klinik von Nancy ein aus biologischen und biomechanischen Gesichtspunkten kindgerechtes Osteosyntheseverfahren geschaffen hat.

In dieser Arbeit soll die osteosynthetische Versorgung von kindlichen Unterarmfrakturen mittels Nancy-Nagel am Kreiskrankenhaus Dormagen dargestellt und der gegenwärtige Stand dieses Osteosyntheseverfahrens zusammengefasst werden. Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Auswertung der Behandlungsergebnisse von 36 Patienten, die sich vom 01.01.1997 bis zum 31.12.2000 einer Osteosynthese mittels Nancy- Nagel bei Unterarmfrakturen im Kreiskrankenhaus Dormagen unterzogen haben.

Die Operationsmethode, die ausführlich dargestellt wird, wird in Ihrem Nutzen für den Patienten, mittels Behandlungsergebnissen dokumentiert und bewertet.

## 1.1 ANATOMIE DES UNTERARMS

Die in diesem Teil der Arbeit verwendeten Angaben über die anatomischen Verhältnisse des Unterarms wurden aus [8, 33] übernommen.

Der Unterarm schließt sich ohne feste Grenzen an die Regio cubiti an und reicht bis zu den Processus styloidei radii und ulnae. Bei Streckung und Beugung der Hand treten an der volaren und dorsalen Seite Querfalten auf, die die Grenze des Unterarms gegenüber der Hand deutlich markieren.

Am Unterarm liegen zwei Röhrenknochen (Radius und Ulna) vor, die sich gemeinsam mit der Membrana interossea aus einer homologen Mesenchymplatte entwickeln.

Der Radius ist distal breiter, artikuliert mit dem Oberarm und der Hand und kann im Rahmen der Pro- und Supination um seine eigene Achse rotieren.

Der Radiuskopf hat einen tellerförmige Grube, die Fovea capitis, zur Artikulation mit dem Capitulum humeri. Das osteofibröse Lig. anulare fixiert den Radius an der Ulna. Am Radiushals imponiert die Tuberositas radii als Ansatzstelle der Bizepssehne.

Distal steht die Gelenkfläche in Kommunikation mit zwei Karpalknochen (Os scaphoideum und Os lunatum). Lateral ragt der Processus styloideus radii nach distal vor. Die Ulna ist proximal deutlich breiter. Hier erfolgt die Hauptartikulation des Unterarms mit dem Oberarm.

Die Ulna erreicht nicht das Handgelenk, sie liegt oberflächlicher als der Radius, hat eine dorsale Krümmung und in der Aufsicht einen S-förmigen Verlauf. Kranial wird die Inzisura trochlearis mit dem Olecranon und dem Processus coronoideus beschrieben. Darunter befindet sich die korrespondierende Gelenkfläche des proximalen radio-ulnar Gelenkes. Am Schaft stellt sich ebenfalls ein Margo

interosseus dar, der nach lateral zum Radius hin gerichtet ist. Distal artikuliert die deutlich schmälere Ulna mit der Inzisura ulnaris radii. Der Processus styloideus ulnae bleibt gegenüber dem radialen Griffelfortsatz um einen Zentimeter zurück. Die Articulatio humero- ulnaris stellt ein reines Scharniergelenk dar, die Articulatio humero- radialis ist ein Kugelgelenk. Bei der Pronation kommt es durch Freiheit dieses Kugelgelenks zu einer Überkreuzung der Unterarmknochen, bei der Supination liegen Radius und Ulna parallel.

Die beiden radio- ulnaren Gelenke stellen eine funktionelle Einheit dar und sind als Radgelenk zu bezeichnen. Zwischen den beiden Margines interossea spannt sich die Membrana interossea aus. Der interossäre Raum ändert sich in den Umwendbewegungen um bis zu  $38^\circ$ .

Die Pronation führt zu einer Faltelung, die Supination zur Anspannung der Membran. In einer Mittelstellung bis leichter Supination hat die Membran die größte Spannung. Ruhigstellung in Pronation können deshalb zur Schrumpfung der Membran führen.

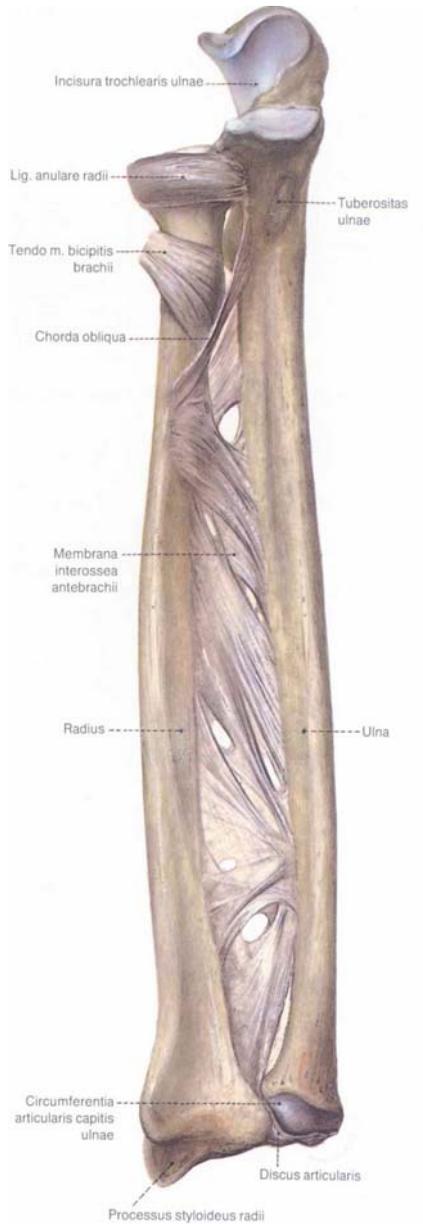


Abbildung 1-1: Anatomie des Unterarms

## 1.2 KNOCHENWACHSTUM

Als Grundlage für diesen Teil der Arbeit dienen die Ausführungen von Dietz und von Laer. [8, 44]

Bei der Knochenbruchheilung wiederholen sich in jedem Alter Mechanismen, die aus der normalen Knochenentwicklung bekannt sind, daher ist für das Verständnis der Knochenbruchheilung und für die Behandlung kindlicher Frakturen entscheidend, dass man sich des Wachstumsphänomens am Skelett bewusst ist.

### 1.2.1 OSSIFIKATION

Der Knochen ist charakterisiert durch seine physikalische Härte und seine biologische Plastizität. Seine Grundsubstanz besteht aus organischen und anorganischen Bestandteilen. Seine ursprünglich ausgeprägte Elastizität beruht auf der starken Vaskularisierung, seine Stabilität auf der Einlagerung von Kalksalzen und der Ausbildung einer charakteristischen Architektur.

Das Knochenmaterial wird ständigen An- und Abbauvorgängen unterzogen., welche sich normalerweise im Gleichgewicht befinden.

Beim unreifen Skelett kommen die Aufgaben des Längen- und Breitenwachstums, in bestimmten Skelettabschnitten die der Änderung von Gestalt und Drehung hinzu.

Der Knochen wird vom bindegewebigen Periostschlauch umgeben, welcher ihn mit anderen Skeletteilen und den Organen der Umgebung verbindet.

Zunächst wird aus dem Mesenchym durch desmale und chondrale Ossifikation Geflechtknochen gebildet.

Bei der desmalen Ossifikation differenzieren sich die Mesenchymzellen zu Osteoblasten, welche zuerst das Osteoid ausscheiden und dann Tropokollagen produzieren, das im Osteoid zu Kollagenfibrillen polymerisiert.

Die Osteoblasten behalten den für das Mesenchym charakteristischen netzartigen Zellverband bei. Sie mauern sich im Laufe der Knochenentwicklung ein, so dass der Knochen von einem protoplasmatischen Kanälchensystem durchzogen wird. Die so entstandenen Knochenbälkchen schließen sich durch Auswachsen in der Fläche zu größeren Knochenteilen zusammen.

Die chondrale Ossifikation der Diaphyse verläuft zweistufig:

In der ersten Stufe entsteht aus dem Mesenchym über ein Knorpelmodell eine perichondrale Knochenmanschette, die den knorpeligen Schaft umgibt und dann dessen mechanische Aufgabe übernimmt. Diese Manschette wandelt sich zum Periost. Dieses wächst in der Länge und drängt dabei die knorpelige Epiphyse vor sich her. Dadurch entstehen Spannungen, und es erfolgt eine Umwandlung des im Schaft eingeschlossenen Knorpels in den Säulenknorpel.

In der zweiten Stufe beginnt die enchondrale Ossifikation als Vaskularisation des Knorpels. Mesenchymzellen werden zu Chondroklasten und bauen den Knorpel ab. Aus den Bindegewebszellen des Knochenmarks entstehen Osteoblasten. Sie sind unter Stimulationsbedingungen sehr schnell in der Lage, Knochenmatrix zu bilden. Dieser Umwandlungsprozess

vollzieht sich vorwiegend in den Metaphysen und ist so aktiv, daß hier relativ weicher, poröser Knochen vorliegt.

Die osteogenen Vorläuferzellen werden durch ubiquitäre vorkommende Bindegewebszellen ergänzt, welche erst nach Einwirkung von Induktionsfaktoren zur Knochenmatrixbildung befähigt sind.

Während die zuerst genannten Vorläuferzellen im Rahmen der physiologischen Knochenwachstums- und Umbauprozesse die Hauptrolle spielen, leiten sich aus der zuletzt genannten Population die Ausgangszellen für reparative Prozesse (Frakturheilung) oder eine ektopische Knochenneubildung (Myositis ossificans) außerhalb des Skelettsystems ab.

Die Ossifikation der Epiphyse findet erst später statt und erfolgt radiär um einen Knochenkern. Übrig bleibt der Knorpelüberzug der Epiphyse und die knorpelige Wachstumsfuge zur Diaphyse hin.

Charakteristisch für den Geflechtknochen ist der rasche Umsatz, die irreguläre zufällige Anordnung der Kollagenfibrillen und das Vorhandensein von Osteozyten. Wegen des hohen Zell- und Wassergehaltes ist er flexibel, weich und leicht verformbar.

Nach dem 4.-5.Lebensjahr kommt er beim normalen Skelett nicht mehr vor. Lediglich in Sehnen und Bändern werden später noch kleine Reste gefunden. Allerdings kann der Geflechtknochen als Reaktion auf eine Fraktur oder Weichteilverletzung, operative Behandlung, Neoplasie oder Entzündung wieder auftreten.

Mit der Epiphysenfuge besitzt das Skelett ein eigenes Wachstumszentrum. Hier vollzieht sich das interstitielle Wachstum durch Zellteilung und Ausdehnung der extrazellulären Matrix.

Die Wachstumsfuge wird hormonell durch Thyroxin, Parathormon, Wachstumshormon, Somatomedin und Gonadotropine direkt und indirekt kontrolliert.

Im Bereich der Ranvierschen Zone zur Diaphyse hin erfolgt der appositionelle Wachstum durch zellulären Anbau, bis die Ossifikation den Knorpelrest charakteristisch für jede Fuge zwischen dem 14. und 21. Lebensjahr aufgebraucht hat.

Im Alter von 4-5 Jahren bohren die Osteoklasten des Mesenchymmantels der Blutgefäße umfangreiche Kanäle, diese werden durch Osteoblasten mit konzentrischen Knochenlamellen ausgekleidet und schließlich bis auf das zentrale Gefäß eingeengt. Mit der Vermehrung der Lamellensysteme verschwindet allmählich der Geflechtknochen durch Abbau und es entsteht der Lamellenknochen, bei dem die Kollagenfasern charakteristischerweise in Spiraltouren um zentrale Gefäße angeordnet sind, wobei Steigungswinkel und Drehungssinn von Lamelle zu Lamelle wechseln. Durch den gestreckten Verlauf der Faserbündel wird eine Vorspannung erzeugt. Diese ermöglicht bei Druckbelastung eine geringe Verkürzung des Knochens. Durch den spiralförmigen Verlauf entstehen unter Druck- und Zugbelastung Flächenpressungen, die eine hohe Festigkeit erzeugen und eine größere mechanische Beanspruchung bei zunehmenden Körpergewicht ermöglichen. Wir können also festhalten, dass für das Dickenwachstum der Röhrenknochen das periost-endostale Regulationssystem und für das Längenwachstum die Epiphysenfugen verantwortlich sind.

Beide Systeme arbeiten nach dem von Roux formulierten Gesetz und streben eine Knochenform an, die mit einem Minimum an Materialaufwand ein Maximum an Belastbarkeit gewährleistet. [44]

### 1.2.2 PERIOST

Dem Periost kommt eine beträchtliche mechanische und biologische Bedeutung zu. Der Periostschlauch liegt relativ locker um die Diaphyse und die Metaphyse; im Bereich der Epiphyse und deren Fuge ist das Periost dagegen fest angewachsen. Es besteht aus zwei Schichten. An der dichten äußeren Schicht setzen Sehnen und Bänder direkt an.

Das innere Stratum cellulare, welches beim Kind stark ausgebildet ist, besitzt eine gute Vaskularisierung und trägt zum Knochenstoffwechsel bei. Die hier lokalisierten Osteoblasten können sehr schnell neuen Knochen bilden. Hierdurch erklärt sich die völlige Regeneration bei einem ausgedehnten Knochendefekt, solange das Periost vorhanden ist. Mit zunehmenden Alter wird das Periost dünner, seine osteogene Potenz nimmt ab, sie verschwindet jedoch nie vollständig. Mechanisch beeinflusst das Periost das Wachstum durch die elastische Spannung, die dadurch entsteht, dass es an beiden Knochenenden über verschlungene Netzwerke fest an die Epiphyse ansetzt. Dadurch wird das Längen- und Breitenwachstum in der Diaphyse mitbeeinflusst.

Eine Unterbrechung dieses Spannungsverhältnisses ist ebenso wie eine gesteigerte Durchblutung ein wichtiger Faktor beim vermehrten Längenwachstum, welches bei meta- und diaphysären Frakturen beobachtet werden kann. Bei einem Bruch wird zwar das Periost mitverletzt, die Ruptur in der gesamten Zirkumferenz ist beim Kind jedoch seltener. Zumindest auf der Konkavseite bleibt ein Anteil häufig intakt. Hierdurch wird das Ausmaß einer Dislokation oft begrenzt bleiben. Durch die Osteoblasten des Stratum cellulare kommt es zur raschen Kallusbildung. Eine schwere Zerstörung des Periost kann dagegen den Heilungsverlauf einer Fraktur beeinträchtigen.

### 1.2.3 MUSKULATUR

Die Muskulatur ist ein entscheidender Faktor für die den Knochenstoffwechsel. Eine schlaffe Muskulatur führt zur Osteoporose, verzögerter Frakturheilung und damit zur Prädisposition für weitere Frakturen. Das Bindeglied zwischen den statischen Elementen Knochen und Knorpel und dem dynamischen kontraktile Element der Muskulatur stellen die Sehnen dar. Beim Kind ziehen alle tendinösen Verbindungen zum Perichondrium oder der äußeren Periostschicht. Hier durch erklärt sich der Einfluß der Muskelkraft und damit der physikalischen Aktivität auf chondro- ossäre Entwicklung.

### 1.2.4 DURCHBLUTUNG

Der Knochen hat zwei separate Gefäßsysteme. Ihre Unterbrechung bei Fraktur oder operativer Behandlung kann zu Nekrosen oder verzögerter Heilung des Knochens führen. Die Epiphyse ist bis zum Schluss der Wachstumsfuge lediglich durch das epiphysäre System versorgt. Im Schaftbereich besteht ein periostale, diaphysäre und metaphysäre Blutzufuhr mit entsprechenden Anastomosen.

Grosse Bedeutung kommt dem im Kindesalter besonders ausgedehnten Gefäßnetz in der inneren Schicht des Periost zu, welches Verbindungen sowohl zu intraossären Gefäßen als auch zu denen der Muskulatur unterhält. Eine Traumatisierung bei einem operativen Eingriff kann bis dahin intakte Kollateralen zerstören und die Heilung negativ beeinflussen.

### 1.3 DER PHYSIOLOGISCHE FUGENSCHLUSS

Bei der Entwicklung einer Fuge können wir grundsätzlich drei verschiedenen Stadien unterscheiden:

#### 1. Proliferations- und Mineralisationsphase

In dieser Phase halten sich Proliferations- und Mineralisationsvorgänge die Waage und halten damit die Fuge weit offen.

#### 2. Ruhephase

Kurz vor Wachstumsabschluss kommt es zu einer Ruhephase, in der die Proliferationsvorgänge sistieren, die Mineralisationsvorgänge aber nicht aggressiv auf den metaphysären Teil der Fuge übergreifen.

#### 3. Verschlussphase

Die Proliferation sistiert vollständig, die Mineralisationsvorgänge aus dem metaphysären Grenzbereich greifen nun auf den metaphysären, später auf den epiphysären Fugenanteil über bis zur Verschmelzung mit der Epiphyse.

Der Zeitpunkt des physiologischen Fugenschlusses ist genetisch geregelt und von der Lokalisation der einzelnen Fugen, vom Geschlecht und von der individuellen Reifung des einzelnen Patienten abhängig. [44]

## 1.4 FRAKTURHEILUNG

### 1.4.1 ALLGEMEINE FRAKTURHEILUNG

Die Frakturheilung verläuft in jedem Knochenabschnitt in einer festgelegten zeitlichen Reihenfolge. Die verschiedenen Stadien können durch äußere Faktoren (Weichteilverletzungen, Immobilisierung) beeinflusst werden. Unmittelbar nach der Hämatombildung wird durch eine Vielzahl biomechanischer Mediatoren vermittelt- die Entzündungsreaktion eingeleitet.

Kurz danach beginnen die vom Wachstum her bekannten Prozesse der desmalen und chondralen Ossifikation. Bereits wenige Tage nach dem Frakturereignis wird bei der desmalen Ossifikation auf der Periostoberfläche Knochen gebildet.

Bei Kindern vollzieht sich diese Überbrückung innerhalb von zwei Wochen so deutlich, dass Nachrepositionen ab diesem Zeitpunkt nur mehr mit erhöhtem Kraftaufwand durchgeführt werden können.

Die chondrale Ossifikation dauert länger und erfolgt über die Bildung von mesenchymalen Gewebe und von Knorpelsubstanz. Diese wird schnell wieder abgebaut und dadurch die Matrix für die Kalzifizierung vorbereitet. Nach Verkalkungen der Knorpelsubstanz erfolgt deren Durchdringung mit Kapillargefäßen. Nach Abbau des Knorpels beginnen Osteoblasten mit der Bildung von Osteoid und mit der Knochensynthese. Der neu gebildete Knochen besitzt eine faserige Struktur und wird schließlich durch den mechanisch belastbaren Lamellenknochen ersetzt.

Die Remodellierungsphase mit Hilfe diaphysärer und epiphysärer Mechanismen kommt im Kindesalter größerer Bedeutung als bei Erwachsenen zu. Aus diesem Grund kann eine verbliebene Fehlstellung in Grenzen toleriert werden.

Der Remodellierungsvorgang ist jedoch ebenso altersabhängig wie die Dauer der Frakturheilung. Je jünger das Kind, je näher die Fraktur der Epiphyse, je wachstumsaktiver diese Fuge und je näher die Achsenabweichung der normalen Bewegungsebene der benachbarten Gelenke ist, desto größer ist die Möglichkeit für eine spontane und vollständige Korrektur.

#### 1.4.2 KOMPLIKATIONEN DER FRAKTURHEILUNG IN DER AKUTPHASE

Bei Frakturen im Wachstumsalter kann es einerseits in der Akutphase und andererseits in der Heilungsphase zu Komplikationen kommen.

##### Kompartmentsyndrom

Bei Unterarmfrakturen muss ein Kompartmentsyndrom als Komplikation bedacht werden. Nach entsprechenden Unfallmechanismus und Weichteilschaden ist bei bohrendem Schmerz in der Tiefe, sensiblen Störungen und motorischen Ausfällen bei jeder Fraktur die direkte Druckmessung durchzuführen, da das Frakturhämatom und insbesondere das posttraumatische Muskelödem zu beträchtlichen Drucksteigerungen in den fibromuskulären Kompartments des Unterarms führen können, die über eine Kompression des Gefäßsystems zur ischämischen Muskelnekrose mit narbiger Kontraktur führen. Als Frühsymptom gelten Dysästhesien im

Versorgungsgebiet komprimierter Nerven. Eine großzügige Fascienspaltung (Fasciotomie) führt zur Druckentlastung und vermindert Spät komplikationen.

### Gefäßverletzungen

Das gut ausgebildete System der Kollateralen sorgt trotz Pulslosigkeit für eine Restdurchblutung. In diesem Fall ist eine Dopplersonographie und/oder Angiographie durchzuführen.

Nach Stabilisierung der Fraktur mittels Osteosynthese wird die Gefäßverletzung revidiert und durch direkte Naht versorgt bzw. gegebenenfalls mit Hilfe eines Veneninterponats anastomosiert.

#### 1.4.3 KOMPLIKATIONEN IN DER HEILUNGSPHASE

Der Heilungsverlauf kann sowohl fraktur- als auch therapiebedingt gestört sein.

### Längenwachstum

Auf die Gefahr der Wachstumsstörungen wird im folgenden Kapitel 1.5 eingegangen. Wichtig ist hier noch zu erwähnen, dass eine zu frühe Mobilisierung und Gewichtsbelastung oder eine vorzeitige Metallentfernung zu einer Refraktur führen kann. Dies ist zwar selten und kommt meistens bei älteren Kindern vor.

Durch Belastung und Metallentfernung in Abhängigkeit der radiologisch dokumentierten Konsolidierung beugt man dieser vor.

## Achsenfehler

Sie gehören nach Dietz [8] zu den häufigsten Komplikationen in der Frakturbehandlung bei Kindern. Entscheidend hierfür ist, dass zu große primäre Fehlstellungen oft nicht ausreichend korrigiert werden. Die Grenze der zu akzeptierenden Fehlstellungen sind abhängig von der Lokalisation der Fraktur. Trotz der alters-, richtungs-, und lokalisationsabhängigen Korrektur eines Achsenfehlers sollte man immer bedenken, dass bei einer Reposition die optimale Stellung anzustreben ist. (weiteres siehe Kapitel 1.6)

## Iatrogene Komplikationen

Als iatrogene Komplikationen sind Irritationen der Haut durch das Osteosynthesematerial, sowie Weichteilinfektionen an den Implantationsstellen, eine Osteitis oder eine Osteomyelitis bekannt, wobei letzter sehr selten im Kindesalter auftreten. Eine Osteosynthese- induzierte Osteitis wird in weniger als 1% beobachtet.

## 1.5 WACHSTUMSSTÖRUNGEN

Man kann zwei Arten von Wachstumsstörungen unterscheiden

- Stimulative Wachstumsstörungen  
(Störungen mit Steigerung der Fugenfunktion)
- Hemmende Wachstumsstörungen  
(Störungen mit Hemmung der Fugenfunktion)

Beide Arten können eine oder mehrere Fugen betreffen, sie können nur vorkommen wenn die Fugen noch offen sind. Prämatüre, schon völlig ausgereifte oder auch schon geschlossene Fugen führen nicht mehr zu Wachstumsstörungen.

Dies ist auch der Grund dafür, warum das Auftreten von Wachstumsstörungen auch weniger vom Ort der anatomischen Läsion abhängig ist als vom Alter des Patienten beim Unfall.

### 1.5.1 STIMULATIVE WACHSTUMSSTÖRUNG

Unter einer stimulativen Wachstumsstörung versteht man nach von Laer [46], eine posttraumatische Stimulation einer oder mehrerer Fugen in ihre gesamten Ausdehnung.

Die stimulativen Wachstumsstörungen sind relativ eng zeitlich begrenzt, da sie direkt vom Ausmaß und von der Dauer der Reparationsvorgänge abhängig sind, sie sind nach jeder Fraktur im Wachstumsalter zu erwarten. Die Folgen dieser stimulativen Wachstumsstörung sind unterschiedlich und vom Funktions-

zustand der jeweils betroffenen Fuge zum Zeitpunkt des Unfalls abhängig.

Fällt das Trauma in die Phase des Wachstums, so kommt es zur mehr oder weniger ausgedehnten Längenzunahme des verletzten Knochens.

Fällt das Trauma in die prämatüre Ruhephase, so führt die Funktionssteigerung zur passageren Längenzunahmen. Im Rahmen einer Hyperämie kommt es dann aber zum verfrühten Fugenschluss gegenüber der unbeteiligten Gegenseite, so dass die anfängliche geringgradige Verlängerung durch diesen vorzeitigen Fugenschluss wieder ausgeglichen wird.

Findet das Trauma in der eigentlichen Verschlussphase statt, so wird diese beschleunigt. Es kommt zum Vorzeitigen Ausreifen der Fuge mit geringgradiger Verkürzung des betroffenen Skelettabschnittes.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die posttraumatische Längendifferenz vom Alter des Patienten beim Unfall abhängig ist. Unterhalb des 10.Lebensjahrs muss man meist mit Verlängerung, jenseits des 10.Lebensjahrs meist mit Verkürzungen rechnen. Therapeutisch kann eine Wachstumsstörung nur indirekt beeinflusst werden, indem man lange Reparationsvorgänge, wie zum Beispiel Fehlstellungen vermeidet. Auf operativem Weg lässt sich dies realisieren, obwohl nach von Laer die Metallentfernung eine zusätzliche Stimulation der Fugen bedeutet. [43]

Nach der Plattenosteosynthese ist die Längenzunahme im Vergleich zur konservativen Behandlung signifikant gesteigert, nach der intramedullären Schienung gleich bis geringer. An der oberen Extremität sind Wachstumsstörungen erst ab einer

Seitendifferenz von 3-4 cm relevant. Man kann hier regelmäßige Kontrolluntersuchungen bis zum Abschluss des Skelettwachstums vornehmen., um dann gegebenenfalls einen Korrektureingriff durchzuführen.

Therapeutisch ist die Wachstumsstörung der Stimulation und damit der Häufigkeit und das Ausmaß der posttraumatischen Längenalteration nur indirekt beeinflussbar durch Verzicht auf ohnehin obsolete Nachreposition und Therapiewechsel, durch Verzicht auf mehrfaches Remodelling im Bereich der unteren Extremität und Verzicht auf Extensionsbehandlungen.

Dieses Ziel ist lediglich durch eine primär definitive Stabilisierung der Fraktur zu erreichen.

### 1.5.2 HEMMENDE WACHSTUMSSTÖRUNG

Unter einer hemmenden Wachstumsstörung versteht von Laer [44] den vollständigen vorzeitigen Verschluss einer Epiphysenfuge.

Diese Wachstumsstörung ist sehr selten und kommt nur vor, wenn es im Rahmen von schweren Weichteil- und Quetschverletzungen zur vollständigen Schädigung des epiphysären Gefäßsystems und damit zum Untergang des Knorpelsystems gekommen ist. Eine primär-therapeutische Beeinflussung d. h. Vermeidung dieser Wachstumsstörung gibt es nicht.

## 1.6 KORREKTURMECHANISMUS DES WACHSENDEN SKELETTS

Ebenso wie das Auftreten von Wachstumsstörungen sind sämtliche Spontankorrekturen hauptsächlich vom Alter des Patienten beim Unfall abhängig: Je jünger der Patient, desto eher werden Fehlstellungen korrigiert, je älter, desto weniger. Weiterhin sind derartige Korrekturen abhängig von der Lokalisation, d.h. vom Wachstumsanteil der nächstliegenden Fugen, von der funktionellen Belastung durch die umgebenden Gelenke sowie von der statischen Belastung. Die Epiphysenfugen sind in unterschiedlichem Maße am Längenwachstum des einzelnen Knochens beteiligt.

An den oberen Extremitäten ausgeprägter als an den unteren. Die hochprozentig wachsenden Fugen verschließen sich wesentlich später als die niedrigprozentig wachsenden Fugen. Achsabweichungen in der Nähe der hochprozentig wachsenden Fugen werden dementsprechend besser korrigiert als Achsabweichungen in der Nähe der niedrigprozentig wachsenden Fugen.

Von Laer [43] erwähnt, dass grundsätzlich im Verlauf des Wachstums die Korrektur von Achsenabweichungen in allen drei Ebenen des Raumes möglich ist.

Achsenabweichungen in der Hauptbewegungsebene des Körpers, der Sagittalebene, werden grundsätzlich besser korrigiert als Achsenabweichungen in der Frontalebene. Diese Regel gilt besonders dann, wenn Achsenabweichungen in der Nähe von Scharniergelenken liegen (z.B.: Ellbogengelenk, Interphalanggelenke von Fingern und Zehen).

Hier werden Achsenabweichungen, die entgegen der Bewegungsebene liegen im Verlauf des weiteren Wachstums

nicht mehr korrigiert. Achsenabweichungen, die in der Bewegungsebene dieser Gelenke liegen, werden jedoch im Allgemeinen gut korrigiert.

Bei den Korrekturmechanismen haben wir verschiedene Formen zu unterscheiden:

- direkte Korrekturmechanismen
- indirekte Korrekturmechanismen

#### 1.6.1 DIREKTE KORREKTURMECHANISMEN

Hier kann man nach van Laer unterscheiden zwischen

- rein periostalen
- rein epiphysären
- periostal- epiphysären

Korrekturen.

Die periostalen und die periostal- epiphysären Korrekturmechanismen arbeiten stets nach dem Roux- Gesetz: Sie versuchen, die ursprüngliche Form wiederherzustellen, um mit einem Minimum an Material ein Maximum an Belastbarkeit zu erreichen.

Das Remodellieren auf die ursprüngliche Form erfolgt im Schaftbereich durch periostalen Anbau auf der Seite der größten Druckbeanspruchung bei gleichzeitigem endostalen Abbau auf der Seite der minderen Belastung.

Parallel zu diesem Vorgang vermag sich die Epiphysenfuge – im Fall von Achsenknicken- durch ungleichmäßiges Längenwachstum wieder senkrecht zur Belastungsebene einzustellen. Diese Korrekturen erfolgen also gezielt.

Die rein epiphysären Korrekturen erfolgen ungezielt, da sie ausschließlich Folge der Reparationsvorgänge um die Fraktur sind.

#### 1.6.2 INDIREKTE KORREKTUREN

Bei den Korrekturen von Rotationsfehlern handelt es sich um völlig indirekte, ungezielte Korrekturen, die mit Reparationsvorgängen um die Fraktur überhaupt nichts zu tun haben. Sie können rein theoretisch an allen Röhrenknochen im Rahmen physiologischer Detorsionsvorgänge erfolgen.

#### 1.6.3 SPONTANKORREKTUREN BEI FRAKTUREN IM BEREICH DES VORDERARMSCHAFTES IM PROXIMALEN UND MITTLEREN DRITTEL

Fehlstellungen in diesem Bereich werden nur bedingt korrigiert. Die Seit-zu-Seit-Verschiebung wird weitgehend ausgeglichen. Im Jugendlichenalter können kosmetisch störende Residuen dieser Fehlstellung verbleiben. Achsenabweichungen in der Frontal- oder Sagittalebene

werden nur zögernd bis zu einem gewissen Grad und vor allem abhängig vom Alter des Patienten spontan korrigiert. Das Grenzalter ist mit 5 Jahren anzusehen.

Restfehlstellungen von 10-15 Grad verbleiben meist unverändert während des weiteren Wachstums und können je nach Lokalisation zu erheblichen Einschränkungen der Pronation und Supination führen. Hier kommt besonders deutlich das limitierende Prinzip zum Ausdruck, daß Korrekturmechanismen weitgehend von der funktionellen Belastung der umgebenden Gelenke und der umgebenden Muskulatur abhängig zu sein scheinen. Fehlt dieser Reiz, so bleibt die Korrektur aus.

#### 1.6.4 ZUSAMMENFASSUNG

Grundsätzliche Grenzen der Korrekturfähigkeit liegen also im Alter des Patienten bzw. in der Wachstumserwartung der nächstgelegenen Fuge und in der funktionellen Beanspruchung der Achsabweichung selbst. Achsabweichungen, die funktionell durch zumindest eines der umgebenden Gelenke nicht kompensiert werden können, verbleiben zumeist völlig unverändert während des weiteren Wachstums.

Mitunter können sie zu erheblichen klinischen Beschwerden führen wie z.B.: Rotationsfehler am Handskelett oder am Unterschenkel, sodass eine fragliche Spontankorrektur nicht abgewartet werden kann und der Fehler operativ korrigiert werden muss.

## 1.7 EINTEILUNG KINDLICHER FRAKTUREN

Die kindlichen Frakturen teilt man ein in

- Schaftfrakturen
- Gelenkfrakturen
- Epiphysenlösungen
- Verletzungen der Epiphysenfugen.

Bei den Schaftfrakturen unterscheidet man zwischen diaphysären Schaftfrakturen, welche man wiederum in stabile und instabile Frakturen einteilen kann und metaphysären Schaftfrakturen. Als stabil ist in diesem Zusammenhang zu bezeichnen eine Fraktur, deren Fragmente aufeinander stehen und höchstensfalls Achsenknicke, aber keine Verkürzungen aufweisen. Als instabil sind all die Frakturen zu bezeichnen, die vollständig disloziert sind oder als lange Schrägfraktur eine erhebliche Verkürzungstendenz aufweisen.

Folgende Instabilitätskriterien kindlicher Unterarmfrakturen sind zu nennen:

- Vollständige Fraktur
- Komplette Dislokation, Verkürzung
- Unterschiedliche Frakturhöhe an Radius und Ulna
- Kurze Schrägfraktur
- Keilbildung, Trümmerzone

Der bei Kindern oft vorkommende typische diaphysäre Biegungsbruch auch Grünholzfraktur genannt ist ein Bruch bei dem die Kortikales angebrochen und die Gegenkortikales vollständig durchbrochen ist. Bei den metaphysären Schaftfrakturen unterscheidet man zwischen metaphysäre

Wulstfraktur und metaphysären Biegungsbruch. Bei der metaphysären Wulstfraktur kommt es zur Einstauchung der Spongiosa.

Epiphysenlösungen mit und ohne metaphysären Biegungskeil sind die periphersten Schaftfrakturen. Die Lösung erfolgt im metaphysären Bereich der Fuge, in dem keine Zellproliferation mehr stattfindet, die Epiphyse selbst bleibt unversehrt. Das Wachstum bleibt unbeeinflusst. Aufgrund der Einteilung nach Aitken ist dies Typ Aitken I.

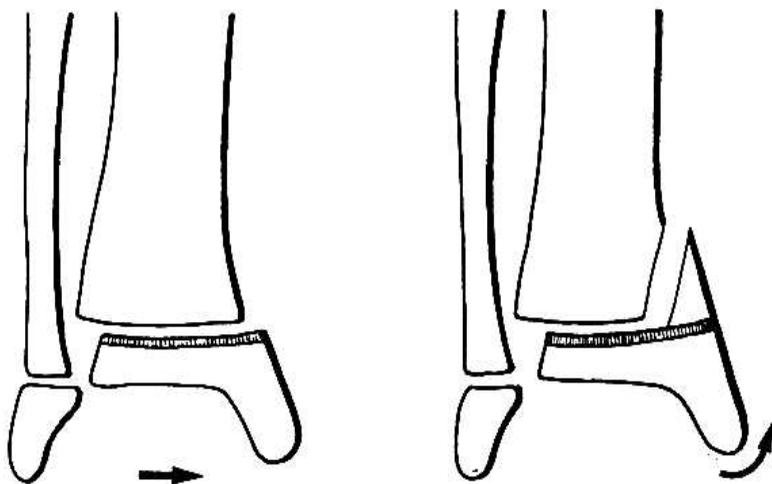


Abbildung 1-2: Schema der Epiphysenlösungen  
Aitken I-Fraktur(Salter I und II)

Als Typ Aitken II(Salter III) bezeichnet man die Teillösung der Epiphysenfuge mit einer epiphysären Fraktur kombiniert. (siehe Abbildung 1-3 links)

Typ Aitken III (Salter IV) ist die Absprengung eines Teiles der Epiphyse und der Metaphyse unter Durchkreuzung der Wachstumsfuge. Bei den beiden letzten genannten Formen kreuzt die Frakturlinie die gesamte Epiphysenfuge und somit auch die germinative Zone. Es kommt bei ungenügender Adaptation zur Verknöcherung der Fuge und zum exzentrischen Wachstum.

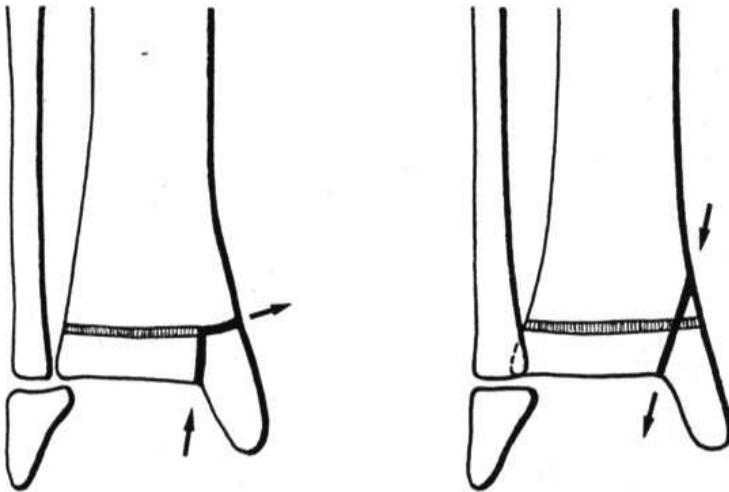


Abbildung 1-3: Schema der Epiphysenfraktur Aitken II (Salter III)-und AitkenIII(Salter IV)-Fraktur

## 1.8 GRUNDSÄTZLICHES ZUR THERAPIE VON KINDLICHEN FRAKTUREN

Aus der Sicht des Patienten, so stellt von Laer [44] dar, formulieren sich ganz eindeutige Therapieziele:

1. schnellstmögliche und adäquate Schmerzbehandlung und kein Zufügen weiterer Schmerzen.
2. die raschest mögliche Wiederherstellung der Mobilität des Patienten
3. rasche funktionelle Belastbarkeit
4. durch die Behandlung darf die im Wachstumsalter nahezu garantierte Frakturheilung nicht gestört werden
5. durch die Behandlung dürfen keine zusätzlichen frühen oder später psychischen oder somatischen Schäden entstehen.
6. die durchgeführte Behandlung muss effizient sein, d. h. mit einem Minimum an Aufwand muss ein Optimum an Endergebnis erreicht werden.

Von Laer [44] formuliert weiterhin, dass unter dem Aspekt der Effizienz deshalb aus der Vielfalt diagnostischer und therapeutischer Möglichkeiten entsprechend der Art der Läsion, dem Alter und der psychosozialen Situation des Patienten und unter Berücksichtigung sämtlicher Wachstumsphänomene das Minimum an Aufwand gewählt werden muss, das ein Optimum an Endergebnis gewährleistet.

Bei kindlichen Frakturen ergeben sich folgende grundsätzliche Therapiemöglichkeiten

- Einfache „inaktive“ konservative Behandlung
- Aufwendigere „aktive“ konservative Behandlung
- Halbkonservative Behandlung
- Operative Behandlung

#### 1.8.1 EINFACHE „INAKTIVE“ KONSERVATIVE BEHANDLUNG NACH VON LAER

Unter der einfachen „inaktiven“ konservativen Behandlung versteht man die Ruhigstellung im Gips vor allem.

#### 1.8.2 AUFWENDIGERE „AKTIVE“ KONSERVATIVE BEHANDLUNG

Bei der „aktiven“ konservativen Behandlung meint man die aufwendigere geschlossene Reposition, welche in Narkose durchgeführt wird und der sich eine Ruhigstellung im Gips anschließt.

#### 1.8.3 HALBKONSERVATIVE BEHANDLUNG

Zur halbkonservativen Behandlung zählt man die Verfahren, die nach geschlossener Reposition der Fraktur perkutan in den Knochen eingebrachte Osteosynthesematerialien entweder die Fraktur direkt oder indirekt mehr und weniger stabil fixieren. Für instabile Schafffrakturen der oberen Extremitäten wird nach van Laer die intramedulläre Marknagelung als die

Methode der Wahl erachtet. Diese Methode ist bedingt als halbkonservative Methode zu bezeichnen. Bedingt deshalb, da der gesamte Markraum eröffnet wird. Es wird jedoch ebenfalls geschlossen reponiert. Des weiteren zählt man zur halbkonservativen Behandlungsverfahren das Anbringen eines Fixateur externe oder die perkutane Drahtspickung.

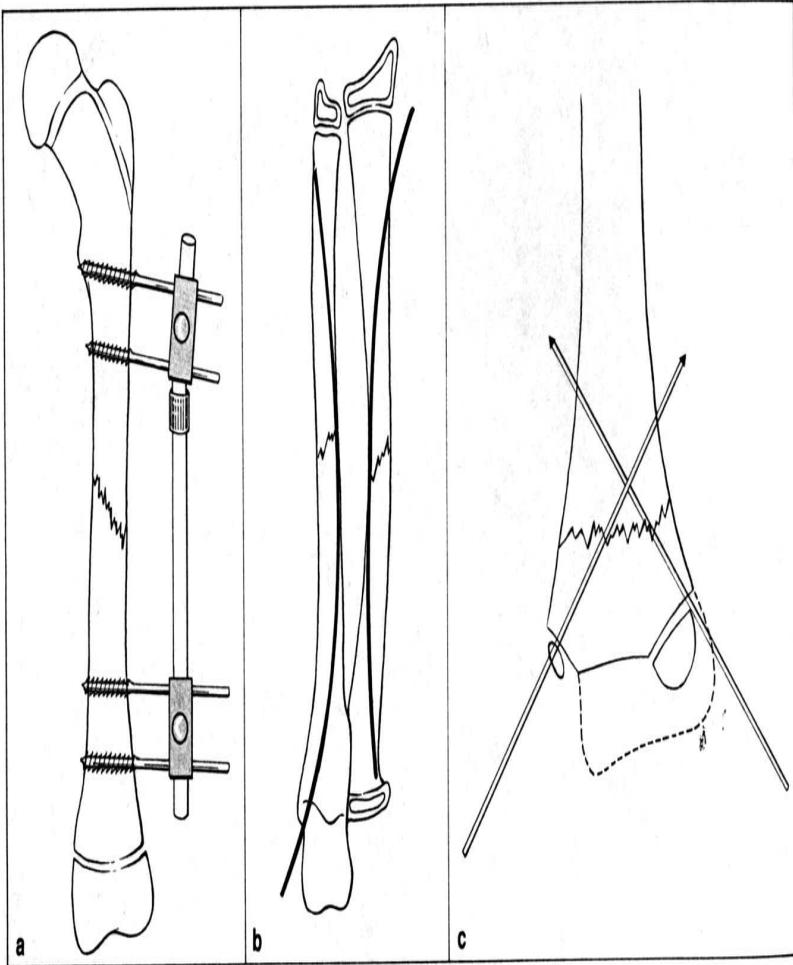


Abbildung 1-4: Halbkonservative Behandlung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Vor- und Nachteile der „kindgerechten Osteosynthesen“ in Anlehnung an von Laer dargestellt:

	<b>Platte</b>	<b>Dynamische Marknagelung</b>	<b>Fixateur externe</b>
<b>Methode</b>	operativ	halb konservativ	halb konservativ
<b>Material</b>	kinderadaptiert	kindgerecht	Kindgerecht
<b>Reposition</b>	offen	geschlossen	Geschlossen
<b>Narbe</b>	ausgeprägt	Klein	Klein
<b>Anwendung altersabhängig</b>	nein	Ja	(ja)
<b>Belastbarkeit</b>	bewegungs-stabil	früh belastungs-stabil	sofort belastungsstabil
<b>Zusätzliche Ruhigstellung</b>	mitunter	Nein	Nein
<b>Zweiteingriff</b>	ja	(ja)	Nein
<b>Wenn Infekt?</b>	Ostitis	Osteomyelitis	Ostitis

Tabelle 1-1: Vor- und Nachteile "kindgerechter Osteosynthesen"

## 1.9 GESCHICHTE DER INTRAMEDULLÄREN OSTEOSYNTHESE MITTELS NANCY-NÄGEL

Koffler [22] erwähnte, daß das Verfahren der intramedullären Osteosynthese, das die Markhöhle als Raum für eine innerer Schiene benützt, in den letzten 50 Jahren gerade im Hinblick auf die Fraktur im Kindesalter eine rege Entwicklung durchlaufen habe.

Anfangen von sehr roh anmutenden Verfahren der Knochenbolzung, die die besonderen Wachstumsverhältnisse am kindlichen Knochen nicht berücksichtigten, gelangte man über die Marknagelung nach Küntscher (1939) und die intramedulläre Frakturfixation nach Rush nach einigen

Fehlschlägen zu der Erkenntnis, dass beim Einbringen der Nägel die Wachstumsfugen am kindlichen Knochen unbedingt zu schonen seien.

Die Methode der Bündelnagelung nach Hackethal, die Ender-Nagelung und vor allem die Methode der elastischen Markschiebung gingen in ihrer Entwicklung speziell auf die besonderen Verhältnisse am kindlichen Knochen ein und lieferten risikoarme Methoden zur intramedullären Osteosynthese der kindlichen Fraktur.

1978 hat die Schule von Nancy das Konzept der elastisch stabilen Markschiebung (ECMES: 1 émbrochage centro-médullaire élastique stable) eingeführt. Eine erste öffentliche Vorstellung erfolgte auf dem Congress de Chirurgie Infantile de Nancy im Jahr 1982.

Koffler[22] berichtet, daß die Hauptmitbegründer Metaizeau und Ligier in ihrem Artikel aus dem Jahr 1988 schreiben, daß die Methode von dem Prinzip des elastischen Ender-Nagels nach Ender und Simon-Weidner und von anderen Methoden der intramedullären Fixierung abgeleitet wurde

Die Methode der ECMES war bereits von Firica et al. im Jahr 1977 in einem Artikel veröffentlicht worden. Sie wurde von Firica hauptsächlich zur Behandlung Erwachsener eingesetzt., während die Schule von Nancy unter Metaizeau et al. dieses Konzept von vornherein speziell für kindliche Frakturen entwickelte.

So schreiben Metaizeau und Ligier in ihrem ersten größeren Artikel über die ECMES im Journal de Chirurgie (Paris) aus dem Jahr 1984, dass es zwei Gründe gibt, warum die Frakturbehandlung im Kindesalter bis jetzt immer konservativ

gehandhabt werden musste. Zum einen, weil der kindliche Knochen sehr schnell konsolidiert und durch das Wachstum Fehlstellungen ausgeglichen werden können, zum zweiten aber hauptsächlich, weil bis heute keine geeignete Form der Osteosynthese existiert, die die biomechanischen Bedingungen am noch wachsenden Skelett berücksichtigt.

Nach Veröffentlichungen in Frankreich wurden die Ergebnisse auch im deutschsprachigen Raum in der Zeitschrift für Kinderchirurgie und im angloamerikanischen im Journal of Bone and Joint Surgery publiziert.

Synonym für die intramedulläre Schienung werden verwandt:

- die elastisch stabile intramedulläre Schienung
- Nancy-Nagelung
- embrochage centromdeullaire elastique stable (ECMES)
- elastic stable intramedullary nailing (ESIN)

## 1.10 BIOMECHANISCHE PRINZIPIEN

Bei Dietz, Schmittbecher und Illing [8] wird ausführlich die biomechanischen Prinzipien der Osteosynthese mittels Nancy-Nägeln beschrieben.

Ausgangspunkt der Überlegungen zu einer biologischen, also nach physiologischen Grundbedingungen folgerichtigen Osteosynthese müssen Gesetzmäßigkeiten der natürlichen Knochenbruchheilung sein. Diese sind weitgehend aus der konservativen Knochenbruchbehandlung bekannt. Im Rahmen der Gipsruhigstellung kommt es zur primär periostalen Knochenneubildung bei erhaltenen Mikrobewegungen. Diese Minimalbewegungen sind durch die konservative Therapieverfahren nicht vollständig auszuschalten.

Es kommt bei der Heilung zuerst vom Periost ausgehend zu einer Zellproliferation. Der periostale Kallus übertrifft den endostalen und kortikalen Kallus an Stabilität, an Überbrückungsfähigkeit bei Defekten und an Bewegungstoleranz und stellt somit auch mechanisch die wichtigste und sinnvollste Form der Frakturüberbrückung dar. Der periostale Kallus entsteht am schnellsten und wird durch Mikrobewegungen zusätzlich stimuliert. Entsprechend diesen Tatsachen sind rigide Fixationssysteme bezüglich der Kallusbildung kontraproduktiv. Lässt das angewandte Behandlungsverfahren Mikrobewegungen an der Fraktur zu, so wird der biologische Ablauf der Knochenbruchheilung beschleunigt.

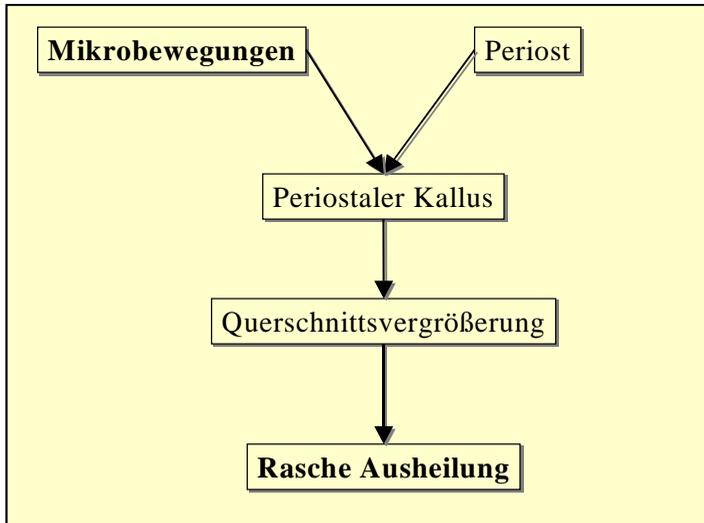


Abbildung 1-5: Mikrobewegungen stimulieren den biologischen Ablauf der Knochenbruchheilung [21]

Die Methode der elastisch-stabilen intramedullären Schienung basiert auf den biomechanischen Überlegungen der rumänischen Arbeitsgruppe um Firica.

Die intramedulläre Schienung ist in der Lage, durch die Fähigkeit zur reversiblen Deformierung der einwirkenden Kräfte aufzufangen und durch passagere Veränderungen ihrer Biegung exzentrische Kräfte zu kompensieren sowie den Knochen in die Ausgangsposition zurückzuführen.

Basierend auf den Folgerungen von Mc Kibbin "der stabile periostale Kallus wird durch Mikrobewegungen stimuliert" und den oben erwähnten Ergebnissen von Fircas adaptierten die französischen Kindertraumatologen um Metazaieu, Ligier und Lascombes unter der Patronage von J. Prevot das Verfahren für das Kindesalter.

Die Grundidee ist es, durch die Implantation von zwei gegenläufigen intramedullären Schienen bei einer Drei-Punkt-Abstützung jedes Implantat eine in allen Bewegungsebenen übergangsstabile und früh belastungsstabile Versorgung von Frakturen im Kindesalter zu ermöglichen.

Die Abstützpunkte liegen an der Eintrittsstelle, auf Frakturhöhe und in der metaphysären Spongiosa des Gegenfragmentes. Körpergewicht, Muskelzug und einwirkende Kräfte führen zu einer reversiblen Verformung der Implantate. Insgesamt ermöglicht die Elastizität des Implantates das Abfangen der einwirkenden Kräfte.

Die Y-förmige Verspreizung der Nägel in den Metaphysen stellt die mechanisch optimale und effizienteste Kompensation axial einwirkender Kräfte dar. Die Stabilität der Frakturversorgung ist somit nicht beeinträchtigt. Daraus wird das Hauptprinzip dieser Osteosynthese klar:

***An der Fraktur angreifende Kräfte sollen  
nicht annulliert,  
sondern konsolidiert werden.***

Zu den an der Fraktur angreifenden Kräften zählen externe, aber auch interne, muskuläre Kräfte, die potentiell das Montagegleichgewicht stören. Diese sollen aber durch Osteosynthese gebahnt werden. Neben dem richtigen Implantat stellt der Knochen den zweiten vorgegebenen biomechanischen Faktor dar. Die intramedulläre Schienung führt zu keinen sekundären Periostläsionen im Frakturbereich.

Die Kortikalis ist im Kindesalter durch eine höhere Plastizität charakterisiert. Es muss deshalb einkalkuliert werden, dass nach einer Fraktur zu große axiale Belastungen zu Kompression, Eintauchung und Verkürzung führen können. Die elastische Schienung verhindert dies, da für eine Verkürzung auch eine Verbreiterung des Ovals zwischen den Schienen notwendig wäre. Die kräftige metaphysäre Spongiosa erlaubt die feste Verankerung der Schienen, sie verhindert jedoch minimale Bewegungen nicht vollständig. Dies dient vor allem dem Auffangen von Torsionskräften.

Im Markraum kommt es zur Anlagerung des Implantats am Endost und zur geringeren kortikalen Erosion, die die lokale, endostale Knochenneubildung und Remodelling fördert. Man könnte die ESMN als eine Methode bezeichnen, welche durch Kanalisierung und daher Optimierung der an den Frakturrenden wirkenden Kräften zur Konsolidierung führt. [21]

Die bei der Knochenbruchbehandlung des Kindes immer zu erwartende Wachstumsstimulation des Knochens ist nach intramedullärer Schienung am geringsten und liegt unter den Veränderungen nach konservativen Therapien.

Intaktes Periost, belassenes Frakturhämatom und die mögliche Mikrobewegungen bewirken eine ausgeprägte lokale Stimulation, führen aber zu keiner Fugenstimulation. So sind die zwei biomechanischen Kernsätze festzuhalten:

- **die Verhinderung von Rotation und Angulation erlaubt frühe Belastung**
- **Mikrobewegungen bewirken eine schnelle Frakturheilung**



## 1.11 INDIKATION ZUR INTRAMEDULLÄREN OSTEOSYNTHESE

Nach Lokalisation am Röhrenknochen erfolgt die Einteilung in proximale, diaphysäre und distale Frakturen.

Darüber hinaus werden die isolierten Radius- und Ulnaschaftfrakturen von den kompletten Unterarmschaftfrakturen und schließlich die Luxationsfrakturen(Galeazzi, Monteggia) unterschieden.

Nach der AO-Klassifikation werden

- die A-Frakturen als einfache Frakturform
- die B- Frakturen mit einem zusätzlichen Keil sowie
- die C-Frakturen als komplexe Frakturen

charakterisiert.

Im einzelnen sind die A1-,A2-und A3 –Frakturen jeweils einfache Frakturformen von Ulna ,Radius und beiden Unterarmknochen.

In gleicher Weise werden die Keilfrakturen mit B1,B2,B3 klassifiziert.

Die C1-Frakturen klassifizieren komplexe Frakturen der Ulna,C2 –Frakturen komplexe Frakturen des Radius und schließlich C3-Frakturen komplexe Frakturen beider Knochen.

Indikationen zur intramedullären Osteosynthese stellen Frakturen der Typen A1/3 (Monteggia-Fraktur) sowie A3 (beide Knochen gebrochen), alle B-Frakturen (Frakturen mit Biegungskeil) sowie die Zwei-Etagen-Frakturen der Gruppe C nach der AO-Klassifikation dar. (siehe Abbildung 1-6)

Kontraindikationen für die intramedulläre Schienung sind die Frakturen C1/3, C2/3 und C3/2 und 3, da die Schienen bei den Trümmerzonen die Länge des Knochens nicht fixieren können. Bei metaphysären Frakturen ist das intramedulläre Vorgehen contraindiziert, da das gelenknahe Fragment nicht mehr gefasst und geführt werden kann. [8]

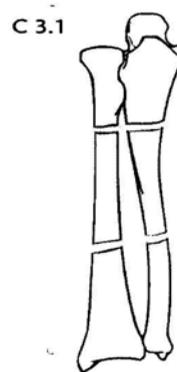
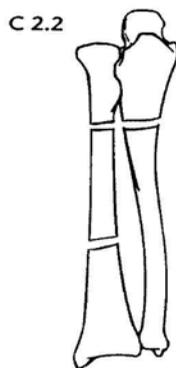
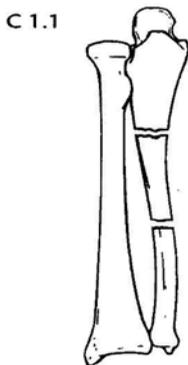
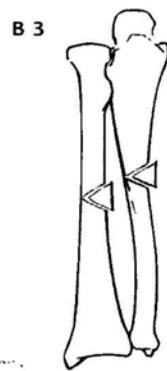
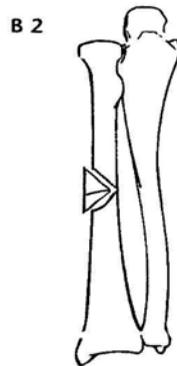
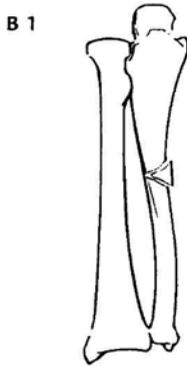
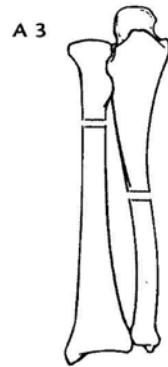
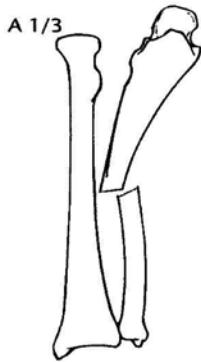


Abbildung 1-6: Indikation zur Intramedullären Osteosynthese

## 1.12 PRÄOPERATIVE DIAGNOSTIK

Die klinische Untersuchung eines frakturverdächtigen, oft in sichtbarer Fehlstellung befindlichen und /oder geschwollenen und schmerzhaften Armes beschränkt sich auf die Kontrolle der peripheren Sensibilität und der Durchblutung. Die radiologische Diagnostik besteht aus dem konventionellen Röntgenaufnahmen des Unterarms in zwei Ebenen. Wichtig ist, dass die angrenzenden Gelenke wegen der möglichen Radiusköpfchenluxation (Monteggia-Fraktur) bzw. der distalen Ulna- Epiphysenlösung (Galeazzi-Äquivalent) mit abgebildet werden.

Liegen erhebliche Weichteilkontusionen bei offenen oder geschlossenen Frakturen vor und ist der Unterarm stark geschwollen, ödematös und gespannt, sollte der Kompartimentdruck gemessen werden. [8]

## 1.13 OPERATIONSTECHNIK DER INTRAMEDULLÄREN OSTEOSYNTHESE

In Anlehnung an die in dem Kapitel „operatives Vorgehen bei der intramedullären Schienung“ aus Dietz, Schmittbecher, Illing [8] werden hier die wichtigsten Schritte der Operationsmethode der intramedullären Schienung vorgestellt.

### 1.13.1 INSTRUMENTARIUM

Als Instrumentarium wird folgendes benötigt:

- Skalpell
- Präparierschere
- Nancy-Nägel
- Drahtführungsgerät
- Pfriem
- Nachschlageisen
- Parallelzange
- Hammer
- Drahtschneidezange

### 1.13.2 OPERATIONSZEITPUNKT

Die intramedulläre Schienung wird nach Erreichen der Nüchternngrenze (4-6 Stunden) bzw. elektiv am nächsten Tag durchgeführt. Wenn die Operation nicht sofort nach der Einlieferung durchgeführt werden kann, muss temporär ein Oberarmgipsverband angelegt werden.

### 1.13.3 OPERATIONS-METHODE

Der Patient liegt auf dem Rücken, der Arm wird auf einen Handtisch ausgelagert. Die Osteosynthese des schwerer zu reponierenden Knochens erfolgt zuerst, da dann die notwendigen Repositionsmanöver wegen des gebrochenen zweiten Knochens leichter auszuführen sind. In der Regel handelt es sich um den Radius, der primär versorgt wird. Die Implantatstärke wird am Röntgenbild festgelegt. Die bevorzugt verwandten Nägel haben einen Durchmesser von 2,5 oder 3mm. Die Schienen sollen in jedem der beiden Knochen etwa zwei Drittel des Markraums erfüllen. Es erfolgt unter Durchleuchtung die Anzeichnung der distalen Radiusepiphysenfuge. Die Eintrittsstelle in den Knochen soll 1 bis 2 cm kranial davon zu liegen kommen.

Von diesem Punkt aus wird eine 2-3 cm lange Hautinzision nach distal vorgenommen. Die Inzision muss so weit nach distal gehen, dass es später bei der schräg ascendierenden Schienenimplantation nicht zur Kontusionen der Haut kommt. Der Ramus superficialis n. radialis wird dargestellt und zusammen mit der begleitenden Vene mit einem Lidhäkchen zur Seite gehalten.

Die Perforation der Kortikalis wird mit dem Pfriem oder dem Universalbohrer vorgenommen. Es ist exakt darauf zu achten, dass die Gegenkortikalis nicht perforiert wird, da sonst die Schiene später ebenfalls diesen Weg nimmt.

Die zuvor ausgewählte Schiene wird so in den Markraum eingeführt, dass die abgeschrägte Schienenspitze zum Markraum zeigt und nicht an der Gegenkortikalis anstößt. Der Handgriff sollte knapp eingespannt sein, damit man die Schiene gut führen und unter leichten Drehbewegungen zur

Fraktur vorschieben kann. Nach Erreichen der Fraktur erfolgt die Reposition von außen unter Relaxation des Patienten, der Arm sollte dabei zur zusätzlichen Kompensation der Muskelkräfte bei Frakturen in Schaftmitte in Neutralstellung, bei proximalen Frakturen in Supinationsstellung gehalten werden. Die Frakturflächen müssen nicht vollständig zur Deckung gebracht werden. Die Schienenspitze kann zur Stelle des besten Fragmentkontakts hin gedreht werden. Sie wird dann in das Gegenfragment eingeführt. Die zuvor ggf. vorgenommene Drehung wird rückgängig gemacht und die Schiene wird im proximalen Fragment vorgetrieben, bis sie die Höhe der Tuberositas radii erreicht. Die Schienenspitze wird mit einigen kräftigen Hammerschlägen oder kräftigem Druck in der metaphysären Spongiosa verankert. Diese Verankerung ist wichtig zur Verhinderung einer Redislokation der Fraktur.

Die Nagelung der Ulna geschieht in absteigender Richtung. Die Haut über der proximalen Ulna wird dorsomedial unter Schonung der Olecranon-Apophyse inzidiert und ein Bohrloch wird angelegt. Die Schiene wird eingeführt und zur Fraktur vorgeschoben, nach Reposition in das distale Fragment vorgetrieben und ebenfalls fest in der Spongiosa fixiert. Die intraoperative Durchleuchtungskontrolle muss jetzt ein befriedigende Reposition und Fixation zeigen. Achsenabweichungen unter fünf Grad sind unbedeutend, Seitverschiebungen um Kortikalisbreite akzeptabel. Ist die definitive Position erreicht, werden die Schienen je nach ihrem Durchmesser mit einer Zange oder dem Bolzenschneider gekürzt, mit einer Kunststoff-Schutzkappe versehen und subkutan versenkt. Es folgt der Hautverschluss mit Einzelknopfnähten.

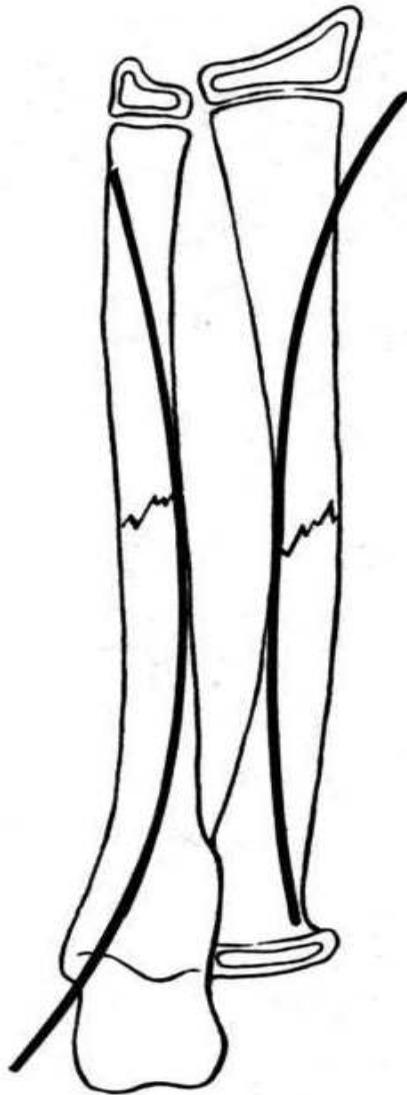


Abbildung 1-7: Osteosynthese

## 1.14 OPERATIONSNACHSORGE

Eine Ruhigstellung ist jedoch postoperativ nicht notwendig [37], viele Autoren und Operateure bevorzugen postoperativ einen Gipsverband für 1- 2 Wochen.

Der Arm wird auf einem Kissen gelagert, das Kind entscheidet entsprechend der Schmerzhaftigkeit über den Beginn der Mobilisierung. Die weitgehend freie vorsichtige Benutzung des Armes an den ersten postoperativen Tagen ist keine Ausnahme. Krankengymnastische Anleitung ist meist entbehrlich. Die Entlassung ist nach wenigen Tagen möglich. Bereits bei der Entfernung der Wundfäden nach 7 Tagen wird oft eine normale Beweglichkeit des Armes bei allenfalls geringer Reduktion der Umwendbewegungen festgestellt. Eine Belastung (Sport) wird noch nicht erlaubt, doch soll der Arm im übrigen frei eingesetzt werden.

Die frühe Bewegung und vor allem die Freigabe der Rotation verhindern eine Fibrose der Membrana interossea. Eine Röntgenkontrolle erfolgt nach 4 Wochen mit der Frage der ausreichenden Kallusüberbrückung. Wenn eine vollständige Kallusüberbrückung festgestellt wird, kann der Arm uneingeschränkt bewegt werden. Wenn zu diesem Zeitpunkt noch Bewegungseinschränkungen bestehen, ist die Verordnung von Krankengymnastik sinnvoll. Nach 2-3 Monaten wird abschließend geröntgt und bei voller Durchbauung die ambulante Metallentfernung vereinbart. Zu diesem Zeitpunkt sind die Patienten oft schon wieder im Vereinssport tätig.



## **2    UNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV UND METHODEN**

### **2.1   PATIENTENAUSWAHL**

Für eine retrospektive Verlaufskontrolle von kindlichen Unterarmfrakturen, wurden alle Patienten erfasst, bei denen in dem Zeitraum vom 01.01.1997 bis zum 31.12.00 eine osteosynthetische Versorgung mittels Nancy- Nägeln bei kindlichen Unterarmfrakturen in der chirurgischen Klinik des Kreiskrankenhauses Dormagen durchgeführt wurden  
Die Daten der insgesamt 36 Patienten wurden anhand der Operationsbücher bzw. der Krankenblätter ermittelt und ausgewertet.

### **2.2   KRANKENBLATTAUSWERTUNG**

Zur einheitlichen Erfassung von Daten und Möglichkeiten zum Vergleich mit dem aktuellen Befund wurde ein Protokoll nach dem Krankenblatt erstellt. Für jeden Patienten wurden die Daten in ein solches Protokoll übertragen.

**Erhebungsbogen von Patienten  
mit intramedullärer Osteosynthese mittels Nancy-Nägeln**

Promotionsarbeit B. Bartel

Name: Patientennummer:  
Vorname: Alter zum Operationszeitpunkt:  
Adresse: Aufnahme datum:  
Entlassungsdatum:  
Geburtsdatum:

---

Unfalldatum: Allergie:  
Unfallmechanismus:

---

**Allgemeine Anamnese:**

Fraktur anamnese:  
Lokalisation der Fraktur:

---

**Aufnahmebefund:**

Klinischer Befund:  
Röntgenbefund:

---

**Operationsdaten:**

Operationsdatum: Operationsdauer: Operationsnummer:  
Art der Operation:  
Narkoseart:  
Durchleuchtungszeit:  
postoperative Versorgung:  
postoperativer Verlauf:

---

**Entlassungsdaten**

Röntgenentlassungsbefund:  
Klinischer Entlassungsbefund:  
Ruhigstellung in Gipsverband:

---

**Metallentfernung:**

Stationärer Aufenthalt von bis  
Operationsdatum: Operationsdauer:  
Klinischer Aufnahmebefund:  
Operationsnummer: Art der Operation: Narkoseart:  
Durchleuchtungszeit:  
Röntgenbefund  
prae-operativ: post-operativ:  
Klinischer Entlassungsbefund:

### 2.3 OPERATIONSINDIKATION

Die Indikation zur intramedullären Nagelung durch die ECMES erfolgte bei Kindern älter als 4 Jahren bis zu Jugendlichen mit 17 Jahren bei konservativ nicht zu reponierenden instabilen Frakturen von Radius und Ulna im proximalen und mittleren Schaftdrittel.

### 2.4 OPERATIONSMETHODE

Alle 36 Patienten wurden nach der bereits beschriebenen Operationstechnik der intramedullären Markschiebung mittels Nancy-Nägeln bei kindlichen Unterarmfrakturen behandelt.

### 2.5 RADIOLOGISCHE DIAGNOSTIK

Die radiologische Diagnostik besteht aus den präoperativen konventionellen Röntgenaufnahmen des Unterarms in zwei Ebenen zur Indikationsstellung der Osteosynthese. Die nächste radiologische Untersuchung erfolgt intraoperativ (Durchleuchtung). Eine weitere konventionelle Röntgenaufnahme erfolgt postoperativ, um eine achsengerechte Stellung des Osteosynthesematerials festzustellen. Kurz vor der geplanten Metallentfernung wird eine erneute konventionelle Röntgenaufnahme durchgeführt, um die knöcherne Konsolidierung der Fraktur zu diagnostizieren. Nach der Metallentfernungsoperation erfolgt eine abschließende Röntgenkontrolle so dass der Patient fünf radiologische Untersuchungen erfährt, in Ausnahmefällen wird intraoperativ während der Metallentfernung eine zusätzliche und somit sechste radiologische Untersuchung (Durchleuchtung) notwendig.

## 2.6 POST-OPERATIVE VERSORGUNG

Die postoperative wird je nach Operateur unterschiedlich gehandhabt, wobei das Anbringen einer Oberarmgipschiene für 14 Tage im Vordergrund stand. Aber es gab auch Operateure, die auf eine Gipsimmobilisation verzichteten und frühfunktionelle Bewegungsübungen forderten.

## 2.7 NACHUNTERSUCHUNG NACH DER METALLENTFERNUNG

Nach Auswertung der Krankenblätter wurde eine retrospektive Nachuntersuchung anhand der Aufzeichnung der poststationären Behandlung nach der Metallentfernung ermittelt. Es wurde gezielt auf achsengerechte Stellung, knöcherne Konsolidierung (radiologische Diagnosen), Bewegungseinschränkungen, Funktionseinschränkungen, subjektiv empfundenen Beschwerden sowie Sensibilitäts- und Durchblutungsstörungen geachtet. Die Untersuchungsergebnisse wurden dem Bewertungsschema von Oestern et al [29] so zugeordnet, dass der jeweils ungünstigste Parameter (Bewegungseinschränkung/ Funktion, Beschwerden) das Gesamtergebnis bestimmte.

## 2.8 AUSWERTUNG

Es handelt sich bei der Untersuchung in erster Linie darum klinische Aussagen über die operative Behandlungsmethoden von Osteosynthesen mittels Nancy-Nägeln bei kindlichen Unterarmfrakturen am Kreiskrankenhaus Dormagen zu machen.

Auf Grund dessen war eine statistische Auswertung auf eine rein deskriptive Statistik beschränkt.

<b>Bewertung</b>	<b>Bewegungseinschränkung</b>	<b>Funktion</b>	<b>Beschwerden</b>
<b>Sehr gut</b>	Streckung 0°/ Beugung bis 15° Pro-und Supination bis 15° Dorsal-und Palmarflexion bis 15° Radial-und Ulnarabduktion bis 5°	Keine Einschränkung der Kraft oder Nervenfunktion	Keine
<b>Gut</b>	Streckung 10°/Beugung bis 30° Pro-und Supination bis 25 ° Dorsal-und Palmarflexion bis 25° Radial-und Ulnarabduktion bis 10°	Leichter bis mäßiger Kraftverlust/keine Einschränkung der Nervenfunktion	Subjektiv mäßige Beschwerden bei keiner Bewegung
<b>Befriedigend</b>	Streckung 20°/Beugung bis 45° Pro- und Supination bis 45° Dorsal- und Palmarflexion bis 35 ° Radial- und Ulnarabduktion bis 10°	Leichter bis mäßiger Kraftverlust. Einschränkung der Nervenfunktion bei gleichem präoperativen Befund	Subjektiv stärkere Beschwerden bei Bewegung
<b>Schlecht</b>	Jeder weitere Verlust	Stärkerer Kraftverlust Nervenverlust ohne Vorschädigung	Stärkere Beschwerden Bei eingeschränkter Funktion

Tabelle 2-1: Bewertungsschema: Nachuntersuchung(Oestern et al.[28])



### **3 ERGEBNISSE**

In der Studie wurden retrospektiv 36 Patientenakten gesichtet, bei denen im Zeitraum vom 01.01.1997 bis zum 31.12.00 in der unfallchirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Dormagen kindliche (3. bis 17.Lebensjahr) Unterarmfrakturen mittels Osteosynthese durch Nancy- Nägel versorgt wurden. Bei einem Patient handelte es sich um eine Refraktur. Dieser Fall wird nur in die Statistiken bis zur Metallentfernung mit einbezogen und in Kapitel 3.7 Refraktur wird auf diesen Fall noch einmal gesondert eingegangen.

#### **3.1 ALTERS- UND GESCHLECHTSVERTEILUNG**

Die Alters- und Geschlechtsverteilung sowie die geschlechtsspezifische Altersverteilung zeigen Abbildung 3-1 und Tabelle 3-1 bis Tabelle 3-3.

Unter den 36 operierten Patienten befanden sich 23 männliche Patienten (63,8%), 13 (36,1%) der Patienten waren weiblich, im Alter von vier bis siebzehn Jahren.

Das durchschnittliche Alter der männlichen Patienten betrug 15,2 Jahre, das durchschnittliche Alter der Mädchen betrug 9,9 Jahre.

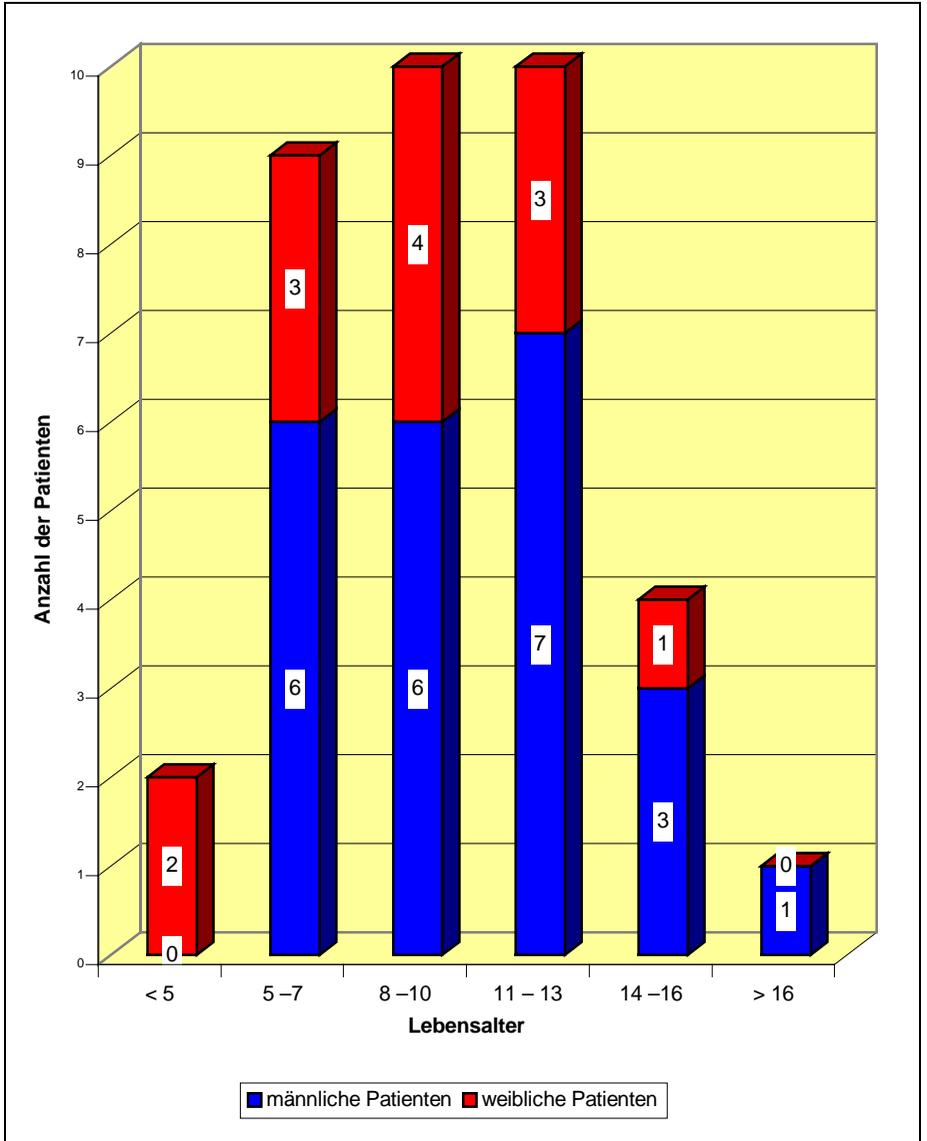


Abbildung 3-1: Altersverteilung

<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozent</b>
< 5	2	5,6 %
5 –7	9	24,9 %
8 –10	10	28,8 %
11 – 13	10	28,8 %
14 –16	4	11,1 %
> 16	1	2,8 %
	36	100 %

Tabelle 3-1: Gesamtpatientengut

<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozent</b>
< 5	0	0 %
5 –7	6	26,1 %
8 –10	6	26,1 %
11 – 13	7	30,4 %
14 –16	3	13,0 %
> 16	1	4,3 %
	23	100 %

Tabelle 3-2: Männliche Patienten

<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozent</b>
< 5	2	15,4 %
5 –7	3	23,1 %
8 –10	4	30,8 %
11 – 13	3	23,1 %
14 –16	1	7,7 %
> 16	0	0 %
	13	100 %

Tabelle 3-3: Weibliche Patienten

## 3.2 KLASSIFIKATION DER UNTERARMFRAKTUREN NACH

- Frakturtyp
- Seitenlokalisation
- Offenen/geschlossenen Fraktur
- Begleitverletzungen

### 3.2.1 FRAKTURTYP

In 34 Fällen handelte es sich um eine komplette Unterarmschaftfraktur, d.h. beide Unterarmknochen waren frakturiert. Alle Frakturen lagen im mittleren bzw. proximalen Schaftdrittel und wiesen die geforderten Instabilitätskriterien auf. Eine isolierte Radius- bzw. isolierte Ulnafraktur lag jeweils nur bei einem Fall vor. Epiphyseolysen oder Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfuge traten bei keinem der Kinder auf.

### 3.2.2 SEITENLOKALISATION

In der Gesamtpopulation ergab sich eine Seitenverteilung der Fraktur von 22 (61%) Frakturen, welche sich am linken Unterarm ereigneten und 14 (39%) Frakturen, welche sich am rechten Unterarm ereigneten.

Bei der geschlechtsspezifischen Aufteilung der Seitenlokalisation der Frakturen ergab sich, dass bei 10 (43,5%) männlichen Patienten sich die Fraktur am rechten Unterarm und bei 13 (56,5 %) sich die Fraktur am linken Unterarm ereignete. Bei den weiblichen Patienten ergab sich ein

Verhältnis von 4 (30%) Frakturen am rechten zu 9 (70%) Frakturen am linken Unterarm. Zusammenfassend kann man sagen, dass eine minimale Tendenz zur linken Seite besteht.

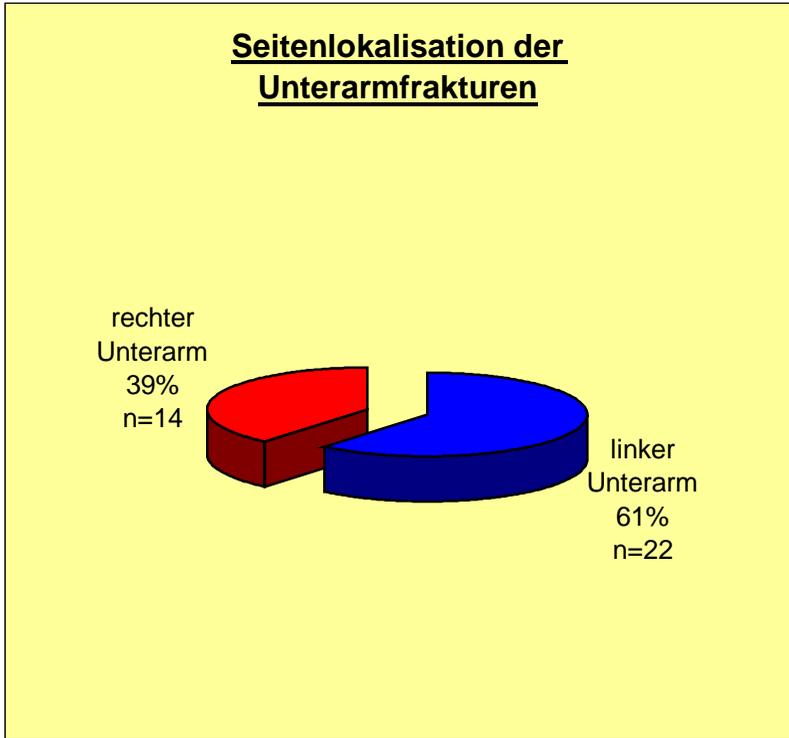


Abbildung 3-2: Seitenlokalisierung der Unterarmfrakturen

### 3.2.3 OFFENE/ GESCHLOSSENE FRAKTUREN

Offene Frakturen stellten Ausnahmen dar, von den insgesamt 36 untersuchten Unterarmschaftfrakturen handelt es sich bei zwei Frakturen um erstgradig offene Frakturen. Bei den verbleibenden 34 Frakturen handelt es sich ausschließlich um geschlossenen Frakturen.

### 3.2.4 BEGLEITVERLETZUNGEN

Schwere Begleitverletzungen wie Milzruptur oder Schädel-Hirn- Trauma wurden in unserem Patientenkollektiv nicht diagnostiziert, ebenso gab es keine Unterarmfrakturen bei polytraumatisierten Patienten. Frakturen im Gesichtsschädel kamen genauso wenig vor wie eine Commotio cerebri. 31 Kinder (90%) zeigten keinerlei Begleitverletzungen, vier Kinder hatten leichte Begleitverletzungen wie Prellungen, Schürfwunden und Platzwunden und ein Junge wies ein Begleitfraktur (MHK V-Fraktur) auf der gleichen Seite auf. Ein Patient erlitt einen primären Schaden des Nervus radialis des betroffenen Armes.

### 3.3 UNFALLURSACHE

Häusliche-; Spiel- und Sportunfälle stehen im Vordergrund der Unfallursachen des untersuchten Patientengutes.

Stürzen beim Spielen liegt mit 37% an erster Stelle, direkt gefolgt von Stürzen im Verkehr mit 19%, wovon 67% Unfälle mit Inline-Skating waren. Stürze vom Pferd bzw. Stürze beim Fußballspielen stellten die Hauptursache bei den Unfallursachen beim Sport dar. Eine Parietfraktur, welche in verschiedenen Literaturstellen als mögliche Unfallursache angegeben wird, lag bei dem Patientengut nicht vor. Bei 19% der Stürze gab es keine näheren Angaben zur Sturzursache

<b>Unfallursache</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Prozent</b>
Beim Spielen	12	37%
Im Verkehr	6	19 %
<i>(davon Inline-Skating</i>	<i>4</i>	<i>67 %)</i>
Sturz o.A.	6	19%
Im Haus	3	9 %

Tabelle 3-4 :Unfallursache

## U n f a l l u r s a c h e

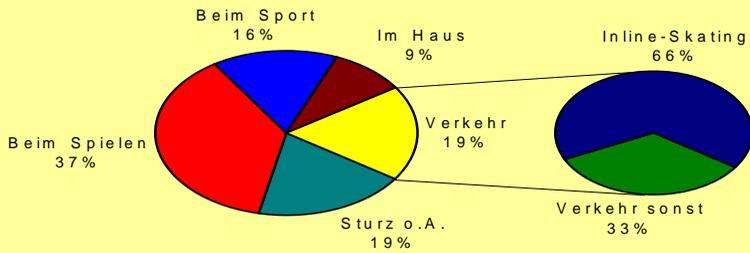


Abbildung 3-3: Unfallursachen

### 3.4 OSTEOSYNTHESEERGEBNISSE

#### 3.4.1 ZEITRAUM ZWISCHEN FRAKTUR UND OPERATIVER VERSORGUNG

Als Tag null wurde der Tag bezeichnet, an dem der Tag des Unfallereignis identisch mit Tag der operativen Versorgung ist. Der Zeitraum zwischen Unfallereignis (=Fraktur) und operativer Versorgung schwankt im Gesamtpatientenkollektiv zwischen null und drei Tagen bei einem Mittelwert von 0,52 Tagen. Ausgenommen bei dieser Berechnung wurden zwei Patienten, bei denen aufgrund von Unfallereignis im Ausland die operative Erstversorgung im Krankenhaus erst 19 bzw. 22 Tage nach Unfallereignis erfolgte. Die operative Versorgung erfolgte bei allen Patienten primär d. h. ohne vorangegangenen konservativen Therapieversuch.

<b>Tage</b>	<b>Weiblich</b>		<b>Männlich</b>		<b>Gesamt</b>	
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<b>0</b>	8	62	12	52	20	56
<b>1</b>	1	7,7	10	43,5	11	31
<b>2</b>	2	15,4	0	0	2	5,6
<b>3</b>	1	7,7	0	0	1	2,8
<b>19</b>	0	0	1	4,3	1	2,8
<b>22</b>	1	7,7	0	0	1	2,8

Tabelle 3-5: Zeitraum zwischen Fraktur und operativer  
Versorgung

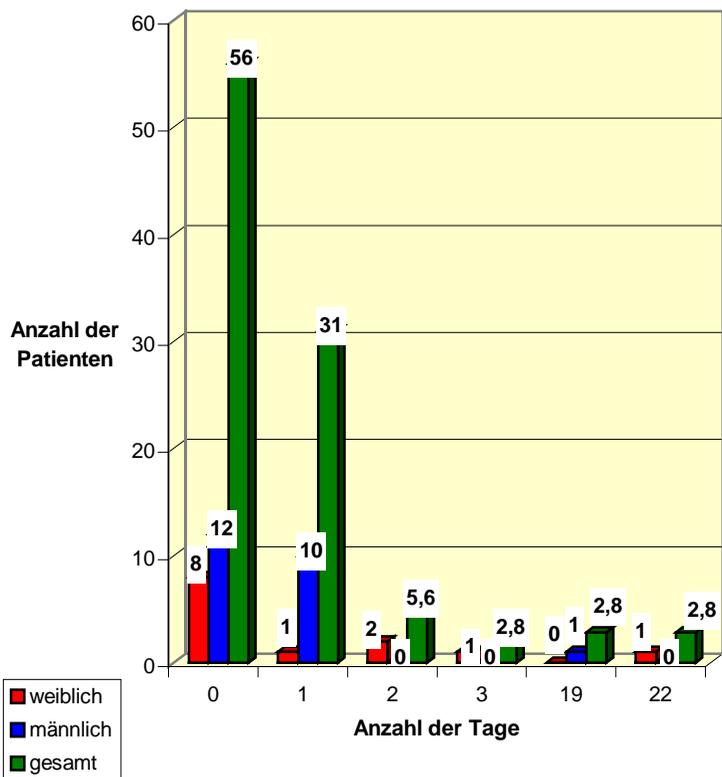


Abbildung 3-4: Zeitraum zwischen Fraktur und operativer Versorgung

### 3.4.2 DAUER DES STATIONÄREN AUFENTHALTES

Zur Berechnung der Dauer des stationären Aufenthaltes wurden alle Tage, vom Tag der Aufnahme bis zum Entlassungstag herangezogen. Die Dauer des stationären Aufenthaltes lag zwischen zwei und zwölf Tagen, wobei der Patient mit einer Aufenthaltsdauer von zwölf Tagen sich eine Zusatzfraktur bei dem Unfallereignis zu gezogen hatte (MHK V-Fraktur auf der gleichen Seite) sowie eine geistige Behinderung aufweist und daher die längere Verweildauer zu erklären ist. Der Mittelwert der stationären Verweildauer lag bei 3,8 Tagen, wenn man den Patienten mit einer Verweildauer von zwölf Tagen in die Berechnung mit einbezieht. Würde man diesen Patienten herausnehmen aus der Berechnung, ergibt sich ein Mittelwert von 3,5 Tagen. 58% (21 von 36) aller Patienten weisen eine Verweildauer von nicht mehr als drei Tagen auf. Würde man die Verweildauer geschlechtsspezifisch darlegen, ergibt sich ein Mittelwert von 3,5 Tagen bei den Jungs und ein Mittelwert von 3,6 Tagen bei den Mädchen, so daß man keinen signifikanten Unterschied erkennen kann.

Tage	Weiblich		Männlich		Gesamt	
	N	%	N	%	N	%
2	3	23,4	6	26	9	25
3	6	46	6	26	12	33
4	1	7,6	3	13,4	4	11,7
5	0	0	6	26	6	16,6
6	2	15,4	0	0	2	5,5
7	1	7,6	1	4,3	2	5,5
12	0	0	1	4,3	1	2,7

Tabelle 3-6: Dauer des stationären Aufenthaltes

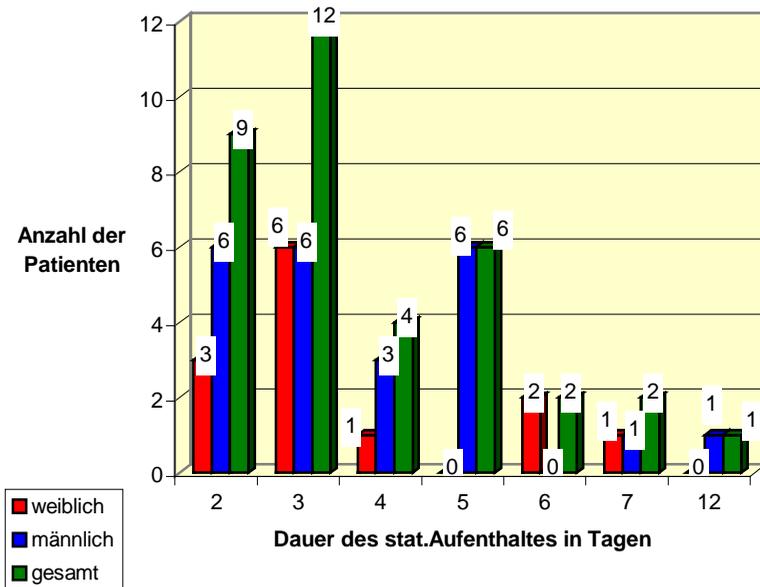


Abbildung 3-5: Dauer des stationären Aufenthaltes

### 3.4.3 OPERATIONSDAUER IM PATIENTENKOLLEKTIV

Die Dauer der Operation schwankt zwischen 11 und 80 Minuten, wobei hier sicherlich die Operationszeit unter anderem abhängig vom Ausbildungsstatus des Operateurs, der Dauer der Durchleuchtungszeit, der individuellen anatomischen Gegebenheiten und der individuellen Fraktur ist. Bei drei Operationen ist die Operationszeit nicht zu ermitteln gewesen. Der Mittelwert der Operationszeit liegt bei 36,15

Minuten. Stellt man die Operationsdauer aller Patienten graphisch dar, erkennt man eine Zweigipfligkeit der Kurve. Der erste Kurvenabschnitt wird durch die Operationen deren Dauer zwischen 11 und 33 Minuten (19 Operationen) liegt dargestellt. Die durchschnittliche Operationsdauer liegt hier bei 22,4 Minuten. Der zweite Kurvenabschnitt wird durch die Operationen, deren Dauer zwischen 42 und 80 Minuten liegt, dargestellt. Der Durchschnittswert hier liegt bei 58,5 Minuten

<b>Dauer der Operation (Minuten)</b>	<b>Anzahl</b>
<b>&lt; 12</b>	1
<b>13 – 18</b>	4
<b>19 – 24</b>	6
<b>25 – 28</b>	6
<b>29 – 33</b>	4
<b>34 – 40</b>	0
<b>41 – 49</b>	3
<b>50 – 60</b>	6
<b>&gt; 60</b>	3
<b>Unbekannt</b>	3

Tabelle 3-7: Dauer der Operation

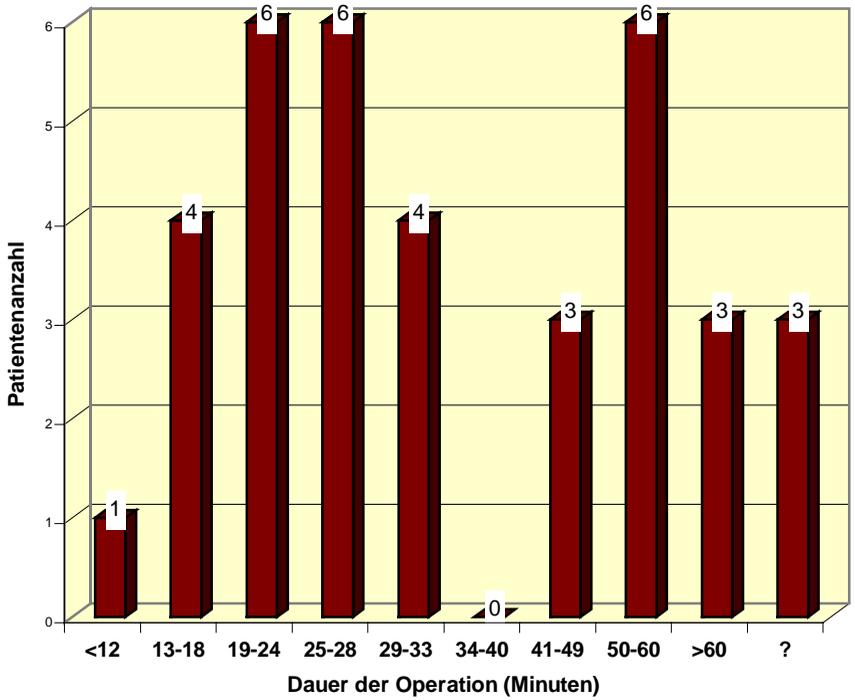


Abbildung 3-6: Dauer der Operation

### 3.4.4 DAUER DER DURCHLEUCHTUNGSZEIT IN SEKUNDEN

Zum Nachteil der Technik, wegen der Gefahr für die Chirurgenhände, gehört die Notwendigkeit eines Röntgenbildverstärkers. Die Strahlendosis ist bemerkenswert gering und abhängig von der Nähe der Strahlenquelle. Selten jedoch befinden sich die Hände der Operateure in dieser Zone. Die Strahlenbelastung ist aber schlimmstenfalls gleich groß wie bei der konservativen Behandlung oder dem Gebrauch des Fixateur externe. [31] Der Mittelwert der Durchleuchtungszeit im gesamten Zeitraum betrug 77 Sekunden, wobei 21 Operationen unterhalb dieses Mittelwertes lagen und 9 Operationen oberhalb dieses Wertes lagen und 7 Operationen davon Durchleuchtungszeiten von über 2 Minuten aufweisen. Der Spitzenwert lag bei 336 Sekunden. Sechs Osteosynthesen wurden ohne intraoperative Durchleuchtung durchgeführt.

<b>Dauer der Durchleuchtung (Sekunden)</b>	<b>Anzahl</b>
<b>&lt; 15</b>	4
<b>16 – 26</b>	9
<b>27 – 60</b>	4
<b>61 – 100</b>	5
<b>101 – 200</b>	4
<b>&gt; 200</b>	4
<b>Ohne Durchleuchtung</b>	6

Tabelle 3-8: Dauer der intraoperativen Durchleuchtung

### 3.4.5 ANÄSTHESIEART

Die Osteosynthese wurde bei 34 Operationen in Narkose mittels Larynxmaske durchgeführt, jeweils eine Operation wurde in Intubationsnarkose bzw. Plexusanästhesie durchgeführt.

<b>Anästhesieart</b>	<b>Anzahl n</b>	<b>Prozent</b>
<b>Larynxmaske</b>	34	94,4 %
<b>Intubationsnarkose</b>	1	2,8 %
<b>Plexusanästhesie</b>	1	2,8 %

Tabelle 3-9: Anästhesieart

### 3.4.6 ART DER POSTOPERATIVEN VERSORGUNG

Die postoperative Versorgung d.h. die Fixierung der Repositionsergebnisse erfolgte abhängig von individuellen Gegebenheiten hauptsächlich mit einer Oberarmgipsschiene für 14 Tage, lediglich drei Patienten trugen eine Oberarmgipsschiene für nur eine Woche und vier Patienten für drei Wochen. Ein Patient trug die Oberarmgipsschiene für vier Wochen (dies war der Patient mit der geistigen Behinderung). Acht Patienten wurden ohne Gipsschiene postoperativ versorgt und führten funktionelle Bewegungsübungen sofort postoperativ durch.

	<b>Keine Ruhig- stellung Mittels Gips</b>	<b>Ruhig- stellung mittels Gips für 1 Woche</b>	<b>Ruhig- Stellung mittels Gips für 2 Wochen</b>	<b>Ruhig- Stellung mittels Gips für 3 Wochen</b>	<b>Ruhig- Stellung mittels Gips für mehr als 3 Wochen</b>
<b>Männlich (n)</b>	6	2	12	3	0
<b>Männlich (%)</b>	30	8,6	52	13	0
<b>Weiblich (n)</b>	2	1	8	1	1
<b>Weiblich (%)</b>	15	7,6	61,5	7,6	7,6
<b>Gesamt (n)</b>	8	3	20	4	1
<b>Gesamt (%)</b>	22	8,3	55,5	11,1	2,7

Tabelle 3-10: postoperative Versorgung

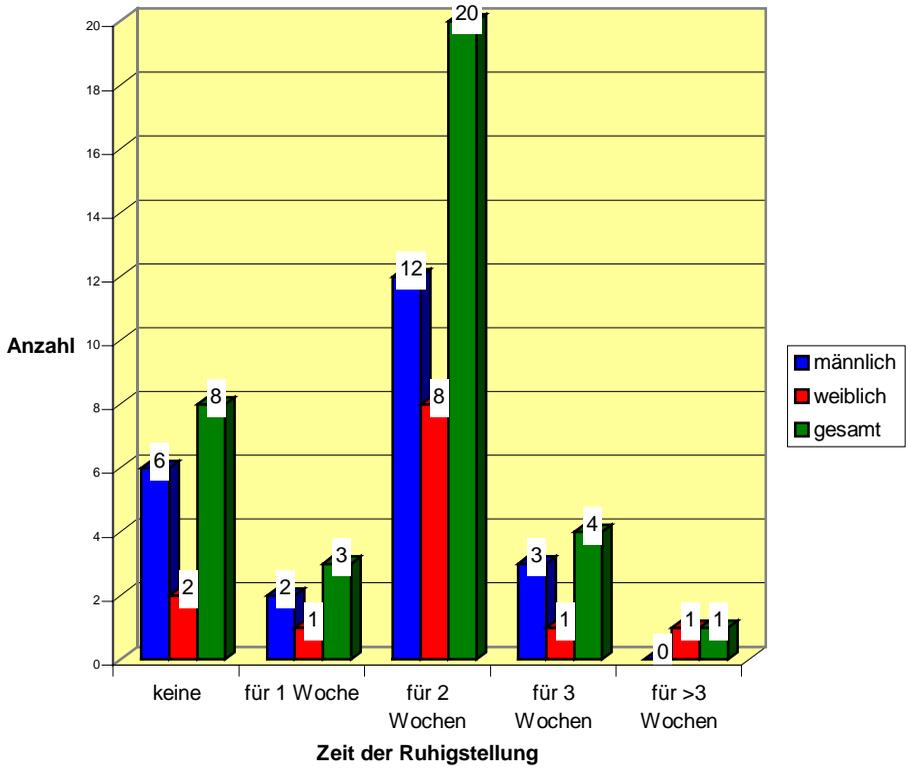


Abbildung 3-7: Zeit der Ruhigstellung

### 3.4.7 KOMPLIKATIONEN

Der Heilungsverlauf war größtenteils ungestört. Bei einem Patient war eine Nervendruckschädigung durch das Trauma bekannt, welche sich im Verlauf spontan zurückbildete. Über den gesamten Beobachtungszeitraum ergab sich eine Refraktur. Durch die Osteosynthese bedingte Komplikationen (Osteomyelitis, Weichteilinfektionen u.a.) kamen in unserem Patientengut nicht vor.

### 3.4.8 OPERATIONSJAHR UND PATIENTENVERTEILUNG

Insgesamt wurden in den Jahren 1997 bis 2000 36 Patienten in einem Alter bis zu 17 Jahren osteosynthetisch mittels Nancy-Nägeln bei Unterarmschaftfrakturen versorgt. Die Jahresverteilung der Fallzahlen geht aus Tabelle 3-11 hervor.

	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>
<b>Männlich</b>	9	6	3	5
<b>Weiblich</b>	6	2	2	3
<b>Gesamt</b>	15	8	5	8

Tabelle 3-11: Operationsjahr und Patientenverteilung

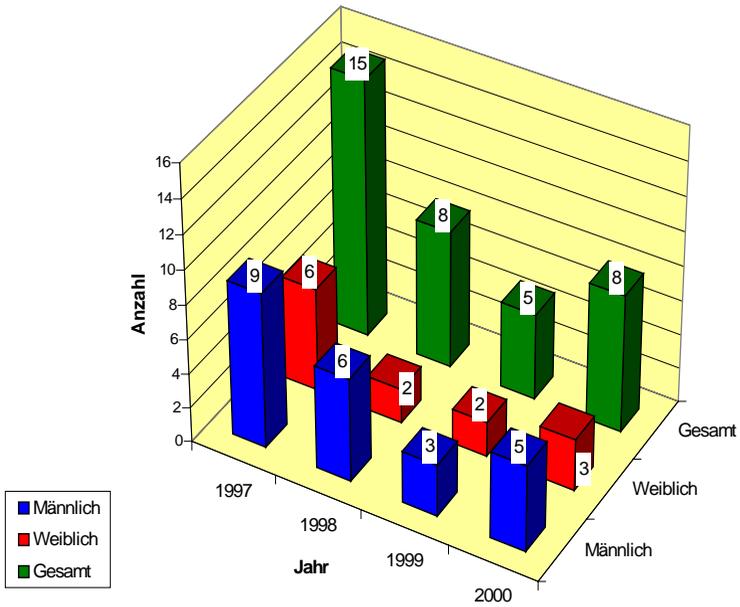


Abbildung 3-8: Operationsjahr und Patientenverteilung

### 3.5 METALLENTFERNUNGSERGEBNISSE

Von den 36 osteosynthetisch versorgten Frakturen mittels Nancy-Nägeln wurden 34 Metallentfernungen im Kreiskrankenhaus Dormagen durchgeführt. Von lediglich zwei Patienten gibt es keine Informationen über die Metallentfernung, da diese nicht im Kreiskrankenhaus Dormagen durchgeführt worden sind. Die Werte des Patienten, welcher eine Refraktur erlitten hat, beziehen wir bei den weiteren Ergebnissen aus logistischen Gründen nicht mit ein. Somit hat sich die Patientenzahl bei den Ergebnissen der Metallentfernung von 36 auf 33 Patienten reduziert.

### 3.5.1 ZEITRAUM ZWISCHEN OSTEOSYNTHESE UND METALLENTFERNUNG

Die Metallentfernung erfolgte im Durchschnitt nach ungefähr zwei ein halb Monaten bzw. zehn Wochen. Bei einem Patienten bei kompletter Unterarmschaftfraktur musste aufgrund einer nicht ausreichenden knöchernen Konsolidierung die Metallentfernung am Radius ein Monat später erfolgen als die Metallentfernung an der Ulna.

<b>Tage</b>	<b>Anzahl</b>
<b>&lt; 40</b>	0
<b>40 – 50</b>	6
<b>51 – 65</b>	11
<b>66 – 75</b>	3
<b>76 – 86</b>	4
<b>87 – 101</b>	4
<b>101 – 150</b>	4
<b>&gt; 150</b>	1
<b>unbekannt</b>	2

Tabelle 3-12: Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung

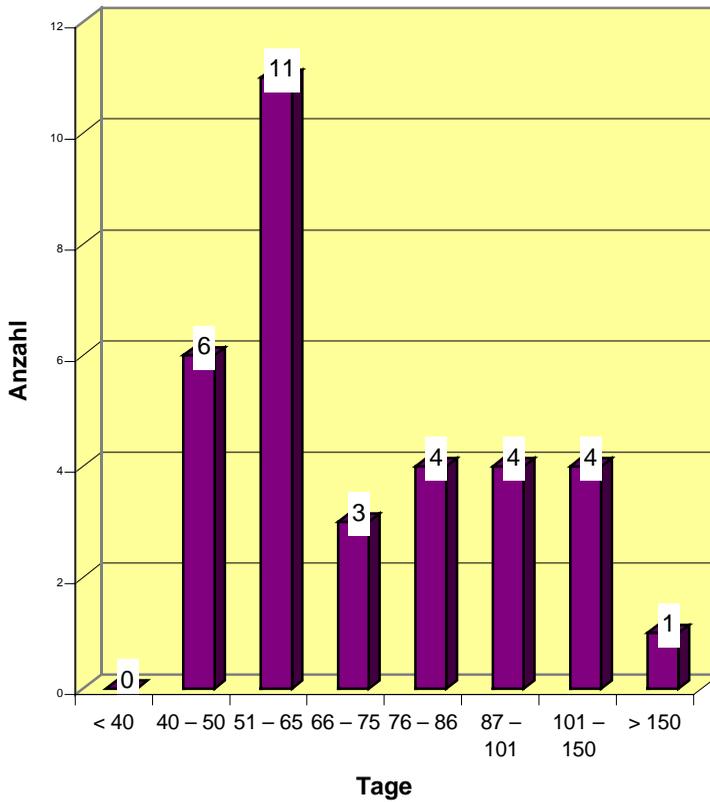


Abbildung 3-9: Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung

### 3.5.2 BEZUG ZWISCHEN ZEITRAUM DER OSTEOSYNTHESE UND METALLENTFERNUNG ZUR POSTOPERATIVEN VERSORGUNG

Aufgrund der Tatsache, dass im Kreiskrankenhaus Dormagen die postoperative Versorgung verschieden gehandhabt wurde, interessierte der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung in Abhängigkeit von der Art der postoperativen Versorgung.

<b>Tage zwischen Osteosynthese und Metall-Entfernung</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Keine Ruhig-Stellung im Gips</b>	<b>1 Woche Ruhig-Stellung</b>	<b>2 Wochen Ruhig-Stellung</b>	<b>3 Wochen Ruhig-Stellung</b>
<b>&lt; 40</b>	0	0	0	0	0
<b>40 – 50</b>	6	1	1	4	0
<b>51 – 65</b>	10	2	1	5	2
<b>66 – 75</b>	2	1	0	0	1
<b>76 – 86</b>	4	2	1	1	0
<b>87 – 101</b>	6	1	0	4	1
<b>101 – 150</b>	4	2	0	2	0
<b>&gt; 150</b>	1	0	0	0	1

Tabelle 3-13: Bezug zwischen postoperativer Versorgung und Metallentfernung

## Keine Ruhigstellung

Erfolgte keine Ruhigstellung im mittels Oberarmgipsschiene, dies war bei acht Patienten der Fall, erfolgte die Metallentfernung bei vollständiger knöcherner Konsolidierung zwischen 48 Tagen und 123 Tagen nach Osteosynthese. Dies entspricht einem Mittelwert von 77 Tagen und bedeutet in Wochen 11 Wochen, dies entspricht ungefähr 3 Monaten.

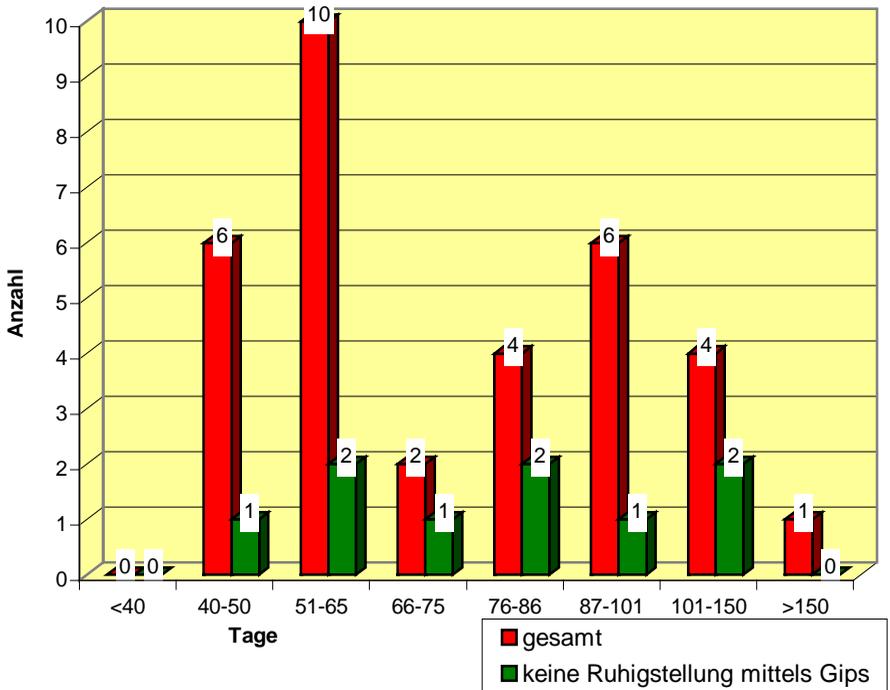


Abbildung 3-10: Ohne Gipsruhigstellung

## Ruhigstellung mittels Oberarmgippschiene für eine Woche

Bei Patienten, die eine Woche lang eine Ruhigstellung in einer Oberarmgippschiene verordnet bekamen, dies waren lediglich drei Patienten, erfolgte die Metallentfernung zwischen dem 48. und 80. postoperative Tag. Aufgrund der geringen Patientenzahl ist diese Gruppe nicht repräsentativ.

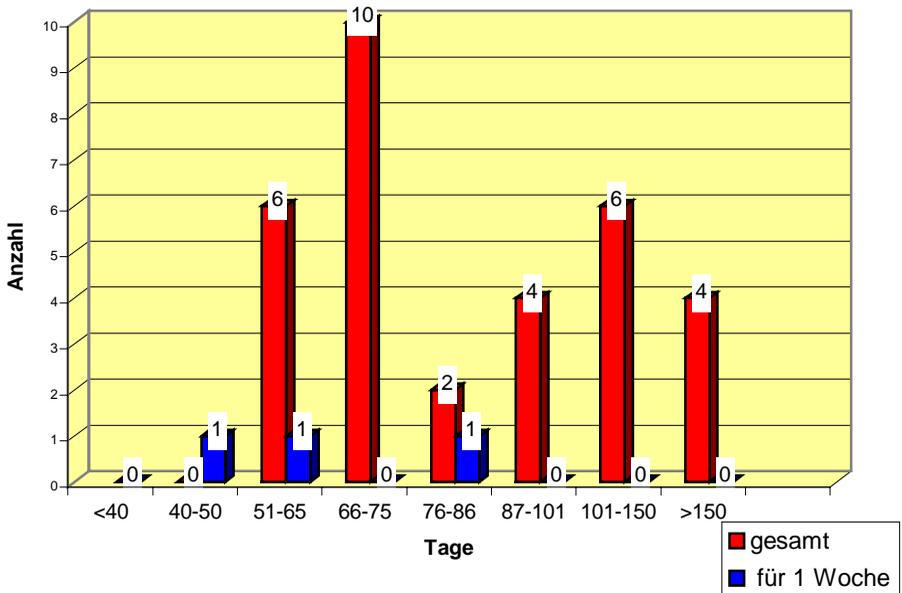


Abbildung 3-11: Einwöchige Gipsruhigstellung

## Ruhigstellung mittels Oberarmgipsschiene für zwei Wochen

Bei weiteren 20 Patienten wurde die Osteosynthese postoperativ für 2 Wochen ruhig gestellt. Diese Patienten stellten sich zur Metallentfernung zwischen dem 44. und 130. postoperativen Tag vor. Der Mittelwert hier lag bei 70,5 Tagen, was ungefähr 10 Wochen entspricht und somit nur eine Woche im Durchschnitt unterhalb der Patienten, welche keine postoperative Gipsversorgung erhalten haben.

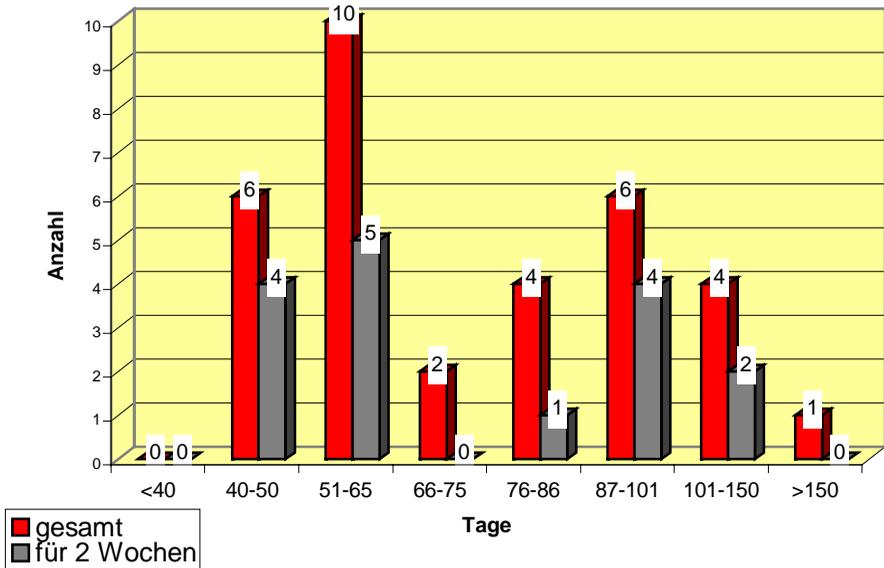


Abbildung 3-12: Zweiwöchige Gipsruhigstellung

## Ruhigstellung mittels Oberarmgipsschiene für drei oder mehr Woche

Die verbleibenden fünf Patienten erhielten eine Oberarmgipsschiene für drei oder mehr Wochen und diesen wurde das Osteosynthesematerial zwischen dem 52. und 153 postoperativen Tag entfernt, welches ein Durchschnittswert von 85,4 Tagen bzw. 12 Wochen entspricht und somit höher liegt als bei den vorgenannten Patienten.

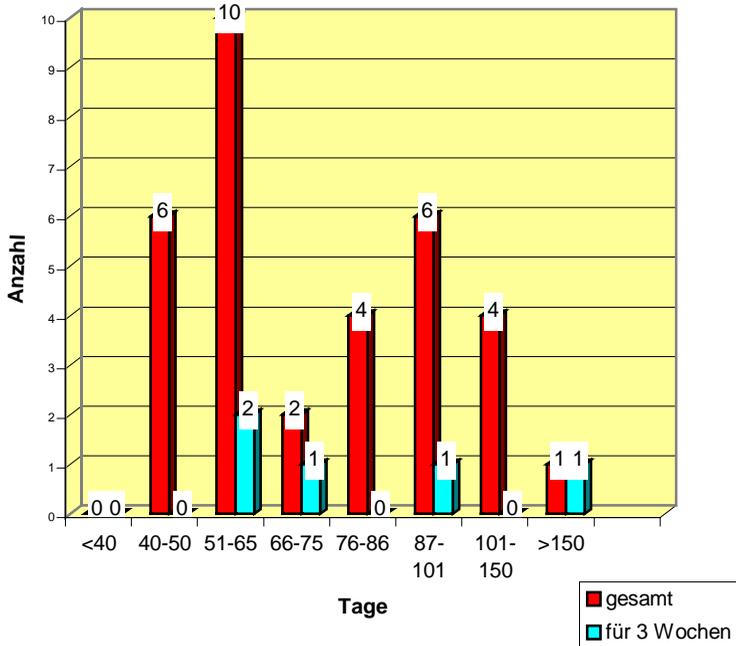


Abbildung 3-13: Drei- oder mehrwöchige Gipsruhigstellung

### 3.5.3 DAUER DES STATIONÄREN AUFENTHALTES

Die Dauer des stationären Aufenthaltes bei der Metallentfernung betrug bei 57,5% der Patienten einen Tag, bei 30% der Patienten zwei Tage, wobei dies meistens auf präoperative organisatorische Gründe zurück zu führen ist. Lediglich ein Patient wies eine Aufenthaltsdauer von fünf Tagen auf. Dies ist der gleiche Patient, welcher bei der Osteosynthese schon mit zwölf Tagen eine überdurchschnittlich hohe Liegedauer aufwies aufgrund einer Begleitfraktur (subkapitale MHK V-Fraktur), welche mit Böhler- Gippschiene versorgt worden ist und einer geistigen Behinderung, welche die Versorgung zu Hause erschwert.

<b>Tage</b>	<b>Anzahl</b>
1	19
2	10
3	1
4	2
5	1
Unbekannt	2

Tabelle 3-14: Dauer des stationären Aufenthaltes

### 3.5.4 DAUER DER METALLENTFERNUNGSOPERATION IM GESAMTPATIENTENKOLLEKTIV

Auch hier gilt, dass die Dauer der Operation von dem Ausbildungsstatus des Operateurs, sowie vom Schwierigkeitsgrad der Metallentfernung abhängig ist, d.h. wird z. B. eine Durchleuchtung benötigt oder nicht. Die Operationsdauer lag zwischen sieben Minuten und 64 Minuten, der Durchschnittswert beträgt 21 Minuten. 23 der 32 Operationen, dies bedeutet mehr als 70% liegen unterhalb des Durchschnittswerts von 21 Minuten.

Minuten	Anzahl
< 7	0
7 – 15	16
16 – 18	4
19 – 35	10
> 35	3

Tabelle 3-15: Dauer der Metallentfernungsoperation

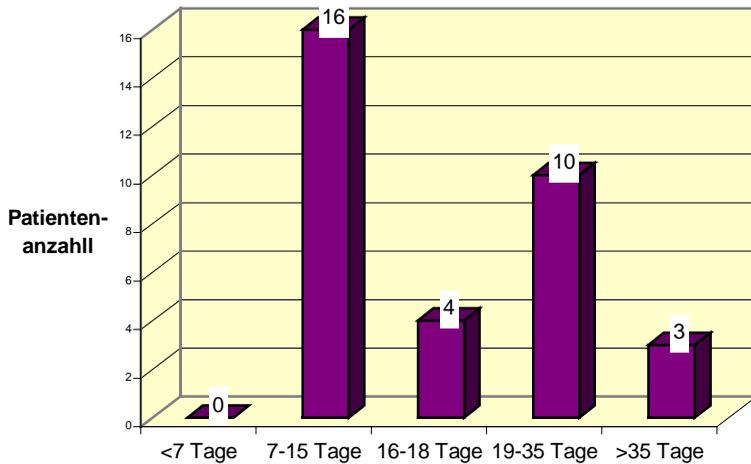


Abbildung 3-14: Dauer der Metallentfernungsoperation

### 3.5.5 DAUER DER DURCHLEUCHTUNGSZEIT

Lediglich drei der 33 Metallentfernungsoperationen wurden durch Durchleuchtung unterstützt. Hier betragen die Durchleuchtungszeiten drei, sechs und 15 Sekunden. Die restlichen 29 Metallentfernungsoperationen wurden ohne Durchleuchtung durchgeführt.

### 3.5.6 ANÄSTHESIEART

25 Metallentfernungen wurden in Maskenanästhesie und acht in Intubationsnarkose durchgeführt.

### 3.6 NACHUNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Es wurden 33 Patientenakten nachgesichtet (zwei Patienten entzogen sich der Nachuntersuchung und ein Patient erlitt eine Refraktur), davon erhielten 32 Patienten die Note „sehr gut“ nach dem Bewertungsschema von Oestern et. al [28], die Note „befriedigend“ erhielt ein Patient, da er immer noch über Hyposensibilität im Daumenbereich klagte ohne Funktionseinschränkung bei gleichem präoperativen Befund.

<b>Sehr gut</b>	<b>Gut</b>	<b>Befriedigend</b>	<b>Schlecht</b>
32	0	1	0

Tabelle 3-16: Nachuntersuchungsergebnisse

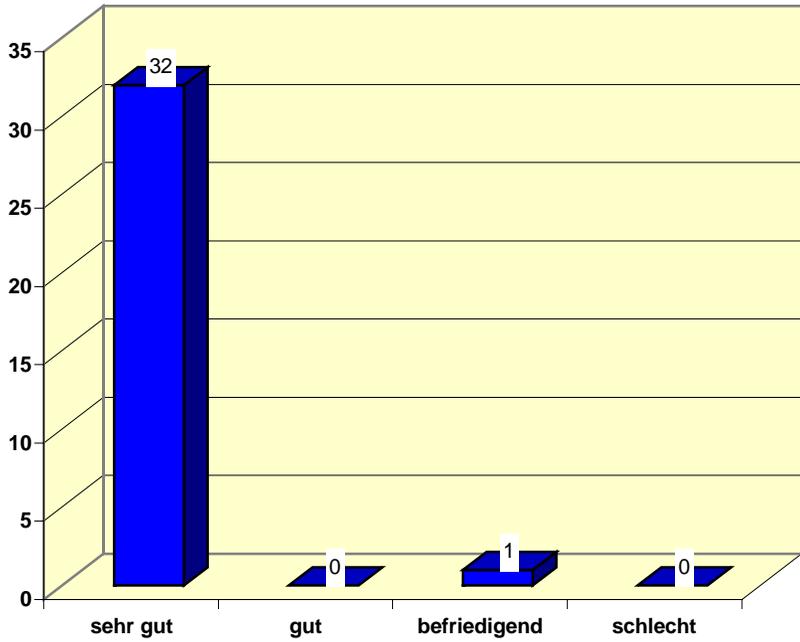


Abbildung 3-15: Nachuntersuchungsergebnisse

### 3.7 REFRAKTUR

Die Refraktur ist eine typische Komplikation der Unterarmfraktur im Kindesalter[41]

Der prozentuale Anteil der Refrakturen an Unterarmschaftfrakturen wird mit 0,3 %-13 % in der Literatur angegeben.

Bei 36 Patienten des Kreiskrankenhauses Dormagens mit Unterarmschaftfraktur, welche mit Nancy-Nägeln versorgt worden sind, gab es eine Refraktur, dies entspricht einem prozentualen Anteil von 2,7 %.

Bei dem Patienten handelt es sich zum Zeitpunkt der Refraktur um einen neunjährigen Jungen, welcher sich durch einen Fahrradsturz 3,5 Monate (14 Wochen) nach Metallentfernung diese zu zog.

Die erste Fraktur zog der Junge sich am linken Unterarm bei einem Sturz auf diesen während des Schulsports zu.

Der Patient klagte über keine weiteren Begleitverletzungen.

Die Fraktur ist noch am Unfalltag mit zwei 2,0 mm starken Nancy-Nägeln osteosynthetisch versorgt worden.

Die Operation wurde von einem sehr erfahrenen Unfallchirurg in 13 Minuten mit einer Durchleuchtungszeit von 14 Sekunden. in Intubationsnarkose durchgeführt.

Die postoperative Röntgenkontrolle ergab eine gute Frakturstellung bei korrekt liegendem Osteosynthesematerial.

Eine dorsale Gipsschiene wurde für den Schulbesuch angelegt.

Ansonsten ist die Fraktur übungs- aber nicht belastungsstabil.

Der Patient wurde einen Tag postoperativ entlassen.

Zwei Monate(8 Wochen) nach der Osteosynthese ergab die radiologische Kontrolle eine achsengerechte Stellung und Durchbauung der Fraktur, so dass die Metallentfernung durchgeführt werden konnte.

Die Metallentfernung dauerte 10 Minuten und wurde in Maskenbeatmung und ohne Durchleuchtung durchgeführt.

Der Patient wurde am folgenden Tag entlassen .

5,5 Monate (22 Wochen) nach Primärfraktur und

3,5 Monate (14 Wochen) nach Metallentfernung zog der Patient durch Sturz vom Fahrrad sich eine Refraktur zu, welche am gleichen Tag wiederum osteosynthetisch mittels 2X2,0 mm starken Nancy-Nägeln in Intubationsnarkose versorgt wurde.

Die Operationsdauer betrug 36 Minuten mit einer Durchleuchtungszeit von 120 Sekunden.

Der Patient wurde mit einer dorsalen Oberarmgipsschiene für 2 Wochen versorgt und erhielt Sportverbot für mindestens 3 Monate.

Die Metallentfernung wurde drei Monate nach Osteosynthese in Maskenbeatmung in 5 Minuten ohne Durchleuchtung durchgeführt.

Der Patient wurde noch am gleichen Tag entlassen.

Der Röntgenbefund vor der Metallentfernung ergab eine komplette Durchbauung der Refraktur.

Betrachtet man nun die Nachuntersuchungsergebnisse dieses Patienten , so kann man nach dem Bewertungsschema nach Oestern et al [28] die Ergebnisse in die Gruppe „sehr gut“ eingruppiieren

### 3.8 ERGEBNISZUSAMMENFASSUNG

In dem Zeitraum vom 01.01.1997 bis zum 31.12.2000 wurden im Kreiskrankenhaus Dormagen 36 Patienten (23 männliche und 13 weibliche Patienten) bei Unterarmfrakturen mittels Nancy-Nägel versorgt. Alle Frakturen lagen entweder im proximalen oder mittleren Schaftdrittel und wiesen Instabilitätskriterien (u.a. vollständige Fraktur, komplette Dislokation, Verkürzung, unterschiedliche Frakturhöhe an Radius und Ulna) auf. 34 Frakturen waren komplette Unterarmfrakturen, lediglich zwei Frakturen waren isolierte Ulna bzw. Radiusfrakturen. Es bestand bei der Seitenlokalisation eine Tendenz zur linken Seite (61% links/39% rechts). 22 Patienten wurden bereits am Unfalltag osteosynthetisch versorgt. Die durchschnittliche Operationszeit lag bei 38,5 Minuten (12-80 Minuten). Im Durchschnitt wurden die Patienten am dritten postoperativen Tag (1-12 Tage) aus der stationären Behandlung entlassen.

Die Durchleuchtungszeit bei der Osteosynthese betrug im Durchschnitt 77 Sekunden, wobei 21 Operationen unterhalb dieses Wertes lagen und nur sieben Operationen Durchleuchtungszeiten über zwei Minuten aufwiesen.

Bei der postoperativen Versorgung überwog die Ruhigstellung mittels Oberarmgipsschiene für zwei Wochen mit 20 Patienten. Acht Patienten wurden ohne Gipsschiene mit der Aufforderung zu frühfunktionellen Bewegungsübungen versorgt. Durchschnittlich erfolgte die Metallentfernung nach 10 Wochen. Bei dem Vergleich der unterschiedlichen postoperativen Versorgung in Bezug zum Metallentfernungszeitpunkt, zeigte

sich, dass die Patienten, die ohne Oberarmgipsschiene mit der Aufforderung zu frühfunktionellen Bewegungsübungen nach durchschnittlich 11 Wochen zur Metallentfernung einbestellt wurden und die Patienten mit Oberarmgipsschiene für zwei Wochen wurden im Durchschnitt nach 10 Wochen einbestellt. Bei einem Patienten bei kompletter Unterarmschaftfraktur musste aufgrund einer nicht ausreichenden knöchernen Konsolidierung die Metallentfernung am Radius ein Monat später erfolgen als die Metallentfernung an der Ulna. Abschließend wurde das Behandlungsergebnis gemäß den Kriterien des Scores von Oestern et al beurteilt. [28] Danach konnten 32 Patienten die Note „sehr gut“ erhalten, ein Patient erhielt die Note „befriedigend“ , da er immer noch über Hyposensibilität im Daumenbereich ohne Funktionseinschränkung klagte. Zwei Patienten entzogen sich den Nachuntersuchungen und ließen auch die Metallentfernung nicht im Kreiskrankenhaus Dormagen durchführen und ein Patient erlitt eine Refraktur.

## **4 DISKUSSION**

Die intramedulläre Osteosynthese mittels Nancy-Nägeln bei kindlichen Unterarmfrakturen wurde im Kreiskrankenhaus Dormagen in dem Zeitraum vom 01.01.1997 bis zum 31.12.2000 bei 36 Patientenakten nachgesichtet.. Da es sich bei dieser Arbeit in erster Linie darum handelt, klinische Aussagen über die operative Behandlungsmethoden von Osteosynthesen mittels Nancy-Nägeln bei kindlichen Unterarmfrakturen am Kreiskrankenhaus Dormagen zu machen, ist die statistische Auswertung auf eine rein deskriptive beschränkt worden.

Die Ergebnisse werden hauptsächlich mit den Ergebnissen der Unfallchirurgie der Chirurgischen Klinik der RWTH Aachen, welche 20 Patienten im Zeitraum von 01.01.1995-31.03.1998 untersucht haben, der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie im Allgemeinen Krankenhaus in Celle, welche in dem Zeitraum 1996 bis 1999 56 Patienten mit kindlichen Unterarmfrakturen durch intramedulläre Markraumschienung stabilisiert haben und der chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik der Berufsgen. Kliniken „Bergmannsheil“ in Bochum, welche 20 Patienten im Zeitraum von 1994-1995 mit instabiler Unterarmfraktur durch elastische Markraumschienung versorgt hat, verglichen.

Unter den 36 operierten Patienten im Kreiskrankenhaus Dormagen befanden sich 23 männliche Patienten (63,8%) und 13 (36,1%) weibliche Patienten. In der chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik, Kliniken Bergmannsheil in Bochum wurden in den Jahren 1994-1995 20 Patienten davon 8 (40%) Mädchen und 12 (60%) Jungen) mit instabiler Unterarmfraktur durch elastische Markraumschienung versorgt. Auch in der Unfallchirurgie der Chirurgischen Universitätsklinik der RWTH Aachen gab es in dem Patientengut, welches im Zeitraum vom 01.01.1995-31.03.1998 mittels Nancy-Nägeln bei Unterarmfraktur versorgt wurde ein Übergewicht des männlichen Patientenguts (5 Mädchen =25 %; 15 Jungen =75%).

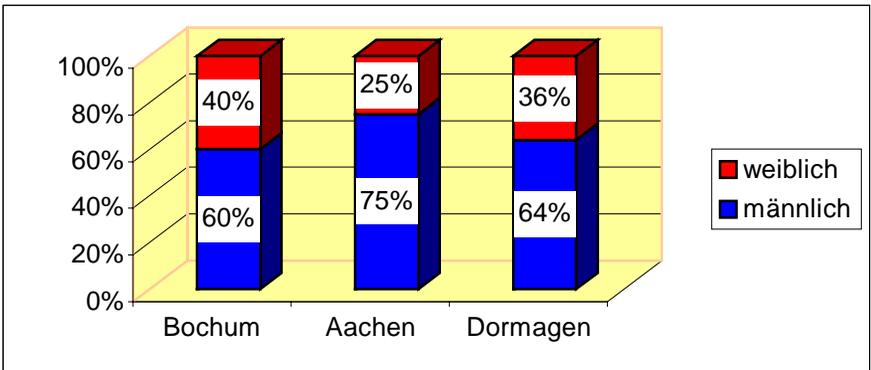


Abbildung 4-1: Geschlechtsverteilung im Vergleich

Ein leichtes Überwiegen des männlichen Geschlechts bei der operativen Versorgung von Unterarmfrakturen mittels Nancy-Nägeln im Kreiskrankenhaus Dormagen ist festzustellen und entspricht auch den Ergebnissen der Vergleichskliniken.

Das durchschnittliche Alter des Patientenguts im Kreiskrankenhaus Dormagen betrug 12,5 Jahre (4 bis 17 Jahre) Das Durchschnittsalter in Bochum betrug 10,8 Jahre (6-14 Jahre) und in Aachen betrug es 10,1 Jahren (1-14 Jahre); so dass man festhalten kann, dass der Altersdurchschnitt im Kreiskrankenhaus Dormagen 2 Jahre höher liegt als in den beiden anderen Kliniken. Dies liegt daran, dass der älteste Patient in Dormagen 17 Jahre alt war und in den beiden anderen Kliniken mit 14 Jahren 3 Jahre jünger war.

Die Schwankungsbreite der in der Literatur empfohlenen Immobilisationsdauer nach operativer Versorgung liegt zwischen keiner Ruhigstellung mittels Gips und Oberarmgipsschiene für 7-8 Wochen. [1]

<b>Autor</b>	<b>Patientenanzahl</b>	<b>Alter(Jahre)</b>	<b>Ruhigstellung</b>
Parsch [8 ]	40	4-16	Oberarmgips 7-8 Wochen
Lascombes [24]	85	Unbekannt	Tragetuch 2-3 Wochen
Buch [6]	41	5-15	Oberarmgips 2-6 Wochen
Prevot [32]	122	Unbekannt	Oberarmgips 2-6 Wochen
Hahn [15]	20	6-14	Gips 3 Wochen
Waseem [45]	11	6-11	6 Wochen
Knorr [21]	90	Unbekannt	Oberarmgips 5-10 Tage
Fitze [8 ]	100	3-14	Keine

Tabelle 4-1: Literaturvergleich Immobilisationsdauer

Vergleicht man die Literaturangaben mit der durchschnittlichen Gipsimmobilisation im Kreiskrankenhaus Dormagen, welche bei 11,5 Tagen lag, stellt man fest, dass Dormagen hier zu den Kliniken zählt, die ihren Patienten eine geringste Gipsimmobilisationsdauer zumuten, bis auf die Literaturangabe von Fitze[8], hier wird keine Ruhigstellung mittels Gips oder Oberarmgipsschiene durchgeführt. Dies wird auch durch das unten stehende Diagramm dargestellt.

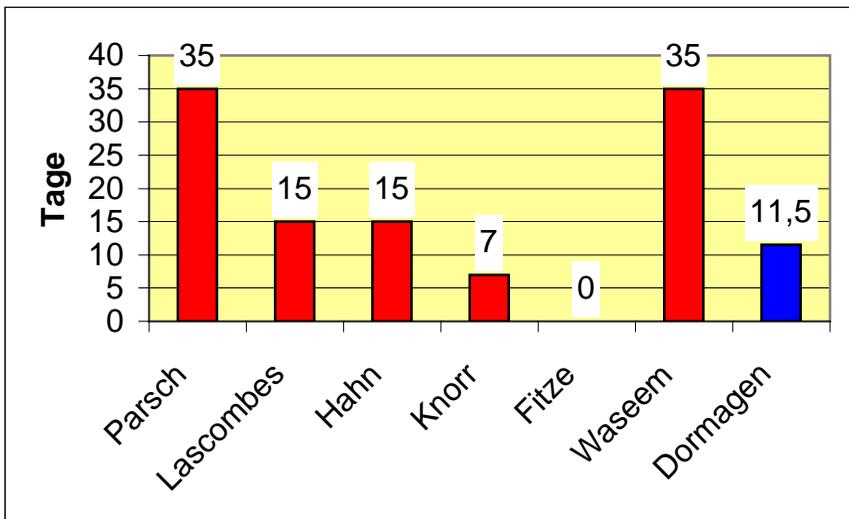


Abbildung 4-2:Literaturvergleich :Gipsimmobilisationsdauer

Betrachtet man nun die durchschnittliche Dauer der Gipsimmobilisation im Vergleich zu den drei anderen Kliniken, stellt man fest dass diese in Bochum bei 12,6 Tage (0-23 Tage), in der Uni Klinik Aachen bei 12 Tagen (1-10 Tage) und im Krankenhaus Celle bei 13,7 Tagen und im Vergleich dazu im Kreiskrankenhaus Dormagen bei 11,5 Tagen am niedrigsten lag.

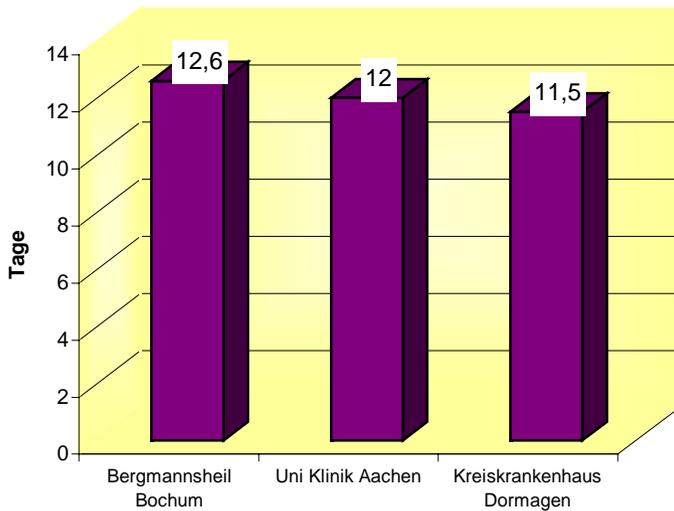


Abbildung 4-3: Durchschnittliche Dauer der Gipsimmobilisation (Tage)

Der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung schwankt in der Literatur zwischen vier und 32 Wochen.

<b>Autor</b>	<b>Patientenanzahl</b>	<b>Alter (Jahre)</b>	<b>Metallentfernung</b>
Parsch [8 ]	40	4-16	4,7 Monate
Lascombes[24]	85	Unbekannt	10-12 Monate
Prevot[31]	122	Unbekannt	8 Monate
Hahn[15]	20	6-14	6-26 Wochen
Knorr[21]	90	Unbekannt	12 Wochen
Fitze[8 ]	100	3-14	12 Wochen

Tabelle 4-2: Literaturvergleich Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung

Im Kreiskrankenhaus Dormagen liegt der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung im Mittel bei 10 Wochen und liegt damit im Vergleich zu den angegebenen Werten in der Literatur am niedrigsten, dies zeigt auch die unten stehende Graphik.

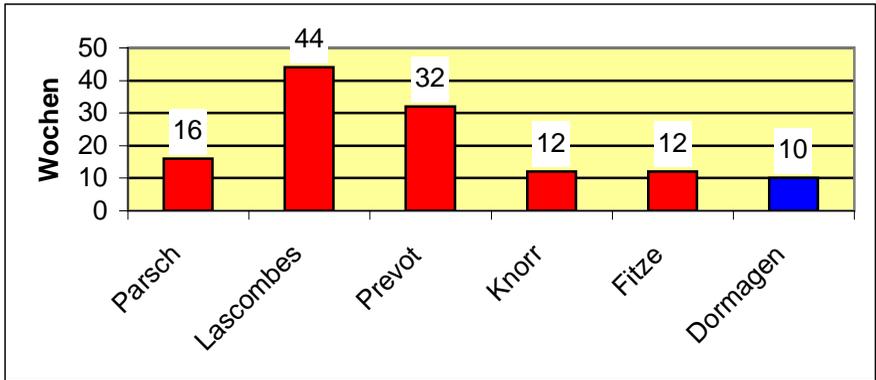


Abbildung 4-4: Literaturvergleich Zeitraum Osteosynthese und Metallentfernung

In Bochum liegt der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung bei 11,5 Wochen, in Aachen bei 17 Wochen und der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung in Celle ist unbekannt.

Im Kreiskrankenhaus Dormagen wurden sowohl Patienten mittels Oberarmgipsschiene für zwei Wochen als auch ohne Oberarmgipsschiene mit der Aufforderung zu frühfunktionellen Bewegungsübungen versorgt.

Bei allen Patienten wurden sehr gute Ergebnisse erzielt und auch der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung lag bei beiden postoperativen Versorgungsarten mit 10 Wochen gleich und damit im Vergleich zu den anderen Kliniken am niedrigsten, so dass eine

eindeutige Empfehlung unsererseits zur postoperativen Versorgung nicht gegeben werden kann, wobei unsere Tendenz zur postoperativen Versorgung ohne Oberarmgippschiene mit der Aufforderung zu frühfunktionellen Bewegungen geht, da man dadurch einem von von Laer geäußerten Grundsatz der Therapie bei kindlichen Frakturen, welcher besagt, dass eine rasche funktionelle Belastbarkeit gewährleistet werden sollte, entspricht.

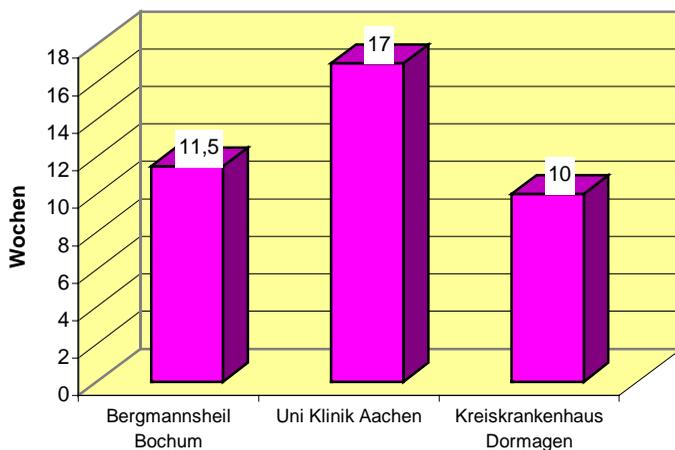


Abbildung 4-5: Zeitraum Osteosynthese-Metallentfernung (Wochen)

Bei der Dauer der Operation mit einem Durchschnittswert von 38,5 Minuten im Kreiskrankenhaus Dormagen im Vergleich zu der Uni –Klinik Aachen mit 37 Minuten und der Klinik „Bergmannsheil“ in Bochum mit 33,5 Minuten, kann man keinen signifikanten Unterschied erkennen.

Eher ist dieser geringfügig höhere Mittelwert von 1,5 Minuten bzw. 5 Minuten im Kreiskrankenhaus Dormagen auf eine

längere Operationsdauer bei einigen wenigen Operationen, welche von unerfahrenen Assistenzärzten durchgeführt wurden zurückzuführen, die dadurch den Mittelwert nach oben verschieben.

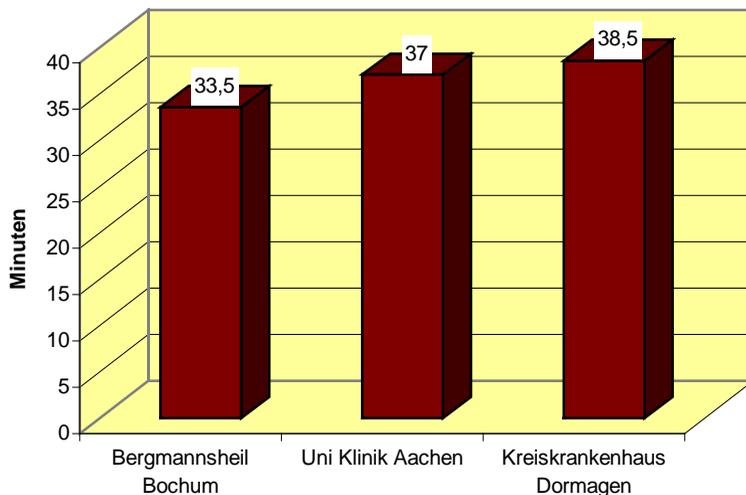


Abbildung 4-6: Durchschnittliche Operationszeit (min)

Auch bei der durchschnittlichen stationären Verweildauer gibt es im Kreiskrankenhaus Dormagen keinen signifikanten Unterschied zu den zwei anderen Kliniken.(Bergmannsheil Bochum und Uni-Klinik Aachen )

Die Patienten des Kreiskrankenhaus Dormagens, mit einer durchschnittlichen Verweildauer von 3,5 Tagen im Vergleich zu der Uni –Klinik Aachen mit 3 Tagen und der Klinik „Bergmannsheil“ in Bochum mit 2,75 Tagen, weisen nur eine geringfügig höhere Verweildauer auf.

Lediglich die Klinik für Unfall –und Wiederherstellungschirurgie des allgemeinen Krankenhauses Celle weist mit einer Verweildauer von 7,2 Tagen eine signifikant höhere Verweildauer auf.

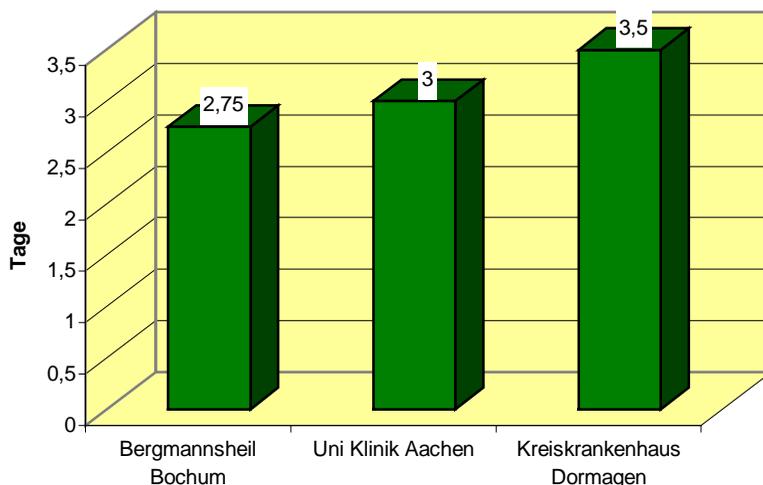


Abbildung 4-7: Durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes (Tage)

Ein zusammenfassender Vergleich des Behandlungsverlaufs des Kreiskrankenhauses Dormagens mit Ergebnissen des Behandlungsverlaufs des Krankenhauses Bochums “Bergmannsheil“, der Klinik für Unfall –und Wiederherstellungschirurgie des allgemeinen Krankenhauses Celle und der Universitätsklinik Aachen ist in Tabelle(4.7-3) dargestellt.

	<b>Bochum (20 Pat.)</b>	<b>Aachen (20 Pat.)</b>	<b>Celle (56 Pat.)</b>	<b>Dormagen (36 Pat.)</b>
<b>Durchschnittliche Operations- zeit (min)</b>	33,5 (20-50 )	37 (20-74 )	Unbekannt	38,5 (12-80)
<b>Durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes (Tage)</b>	2,75 (1-7)	3 (2-5)	7,2	3,5 (2-7)
<b>Durchschnittliche Dauer der Gips- immobilisation (Tage)</b>	12,6 (0-23)	12 (1-10)	13,7	11,5 (0-28)
<b>Zeitraum Osteosynthese- Metall- entfernung (Wochen)</b>	11,5	17 (6-47)	Unbekannt	10 (6-22)

Tabelle 4-3: Behandlungsverlauf nach intramedulläre Osteosynthese bei kindlichen Unterarmfrakturen im Vergleich

In der Einleitung wurde erwähnt, dass es bei Frakturen im Wachstumsalter einerseits in der Akutphase andererseits in der Heilungsphase der Frakturheilung zu Komplikationen kommen kann. Hier wurden als allgemeine Komplikationen bei geschlossener Frakturbehandlung

- das Kompartmentsyndrom
- die Gefäßverletzungen
- die Verletzung von peripheren Nerven
- das Längenwachstum
- die Achsenfehler und
- iatrogenen Komplikationen

erwähnt.

Sowohl Kompartmentsyndrome als auch Gefäßverletzungen traten in unserem Patientengut nicht auf und fanden in der Literatur auch keine Erwähnung.

Bei einem Patienten unseres Patientengutes trat eine Hyposensibilität im Daumenbereich auf, welche aber sturzbedingt ist, da der Patient diese schon bei der Aufnahmeuntersuchung angab und nicht aufgrund der Osteosynthese bzw. der Frakturheilung zu Stande kam., trotzdem haben wir diesen Patienten bei der Nachuntersuchung in die Gruppe „befriedigend-ausreichend „eingruppiert.

Bei Lascombes und Prevot hatte ein Patient, aufgrund der Verletzung des sensiblen Astes des Nervus radialis eine Hypästhesie. [22] Eine Kontusion des Nervus radialis trat in der Studie von Tossaint und Vanderlinden nach Metallentfernung auf. [22] Weitere Nervenverletzungen gab es nicht.

In der Studie von Ponet und Jawish[8] kam es in sechs Fällen zu Komplikationen. Bei einem Kind mussten die Nägel vor der knöchernen Konsolidierung entfernt werden, da der Nagel am Ellbogen spontan ausgestoßen und von Hauteiterung und

Fieber begleitet wurde. Die Fraktur heilte ohne Funktionseinschränkung mit einer gewissen Verzögerung.

Bei Lascombes und Prevot aus dem Jahre 1990 wurde über neun Komplikationen bei 85 Frakturen berichtet. Bei diesen Patienten bestand eine Hautirritation über der Nagelaustrittsstelle, so dass der Nagel gekürzt werden musste. [23] Ebenfalls über Hautirritationen klagten vier Patienten bei Oestern et al. [28] In der Studie von Tossaint und Vanderlinden wird von drei komplikationslosen Bursitiden berichtet, eine weitere Ellbogenbursitis ulzerierte nach einem Sturz auf den Ellebogen. Es trat keine Sepsis auf. [21]

Die bei der Knochenbruchbehandlung des Kindes immer zu erwartende Wachstumsstimulation des Knochens ist nach intramedullärer Schienung am geringsten und liegt unter den Veränderungen nach konservativer Therapie.[8] Intaktes Periost, belassenen Frakturhämatom und die möglichen Mikrobewegungen bewirken eine ausgeprägte lokale Stimulation, führen aber zu keiner Fugenstimulation.

Bisher wurden in den vorliegenden Veröffentlichungen noch nicht über Längenwachstumsstörungen berichten, hier stehen aber sicherlich noch Langzeitstudien aus.[1]

Die Osteomyelitis ist eine gefürchtete intraoperative Komplikation einer intramedullären Osteosynthese, da die schlechten Weichteilverhältnisse und das Aufbohren des Knochenrohrs eine Ausbreitung einer Infektion begünstigen.

In unserem Krankengut im Kreiskrankenhaus Dormagen kam es zu keiner Infektion.

Die Refraktur ist eine weitere Komplikation der Unterarmfraktur im Kindesalter. [41] Der prozentuale Anteil von Refrakturen an Unterarmschaftfrakturen wird bei Schwarz et al [41] aufgrund einer Literaturzusammenstellung mit einer mittleren Häufigkeit von 4,6 % bei einer Spannbreite von 0,3 % bis 13 % angegeben.

Nach Schwarz et al [41 ] ist zur Definition einer Refraktur wesentlich

1. dass ein kausaler Zusammenhang zur Primärfraktur erkennbar ist, d.h. dass also die neuerliche Fraktur nur dadurch in dieser Form möglich war, weil hier bereits einmal eine Fraktur vorlag;
2. dass die neuerliche Fraktur zumindest teilweise im alten Bruchverlauf liegt;
3. dass die Erstfraktur soweit konsolidiert war und dass sie zur endgültigen Frakturheilung nach allgemeiner Erfahrung keiner weiteren Therapie bedurft

Bei unserem Patientengut zeigte sich nach der Definition von Schwarz et al.[41] eine Refraktur, dies entspricht einem prozentualen Anteil von 2,7 % bei 33 osteosynthetisch versorgten Unterarmschaftfrakturen im Kindesalter.

Im Vergleich dazu zeigte sich sowohl im Patientengut des Krankenhauses Bergmannsheil in Bochum als auch an der Universität Aachen keine Refraktur.

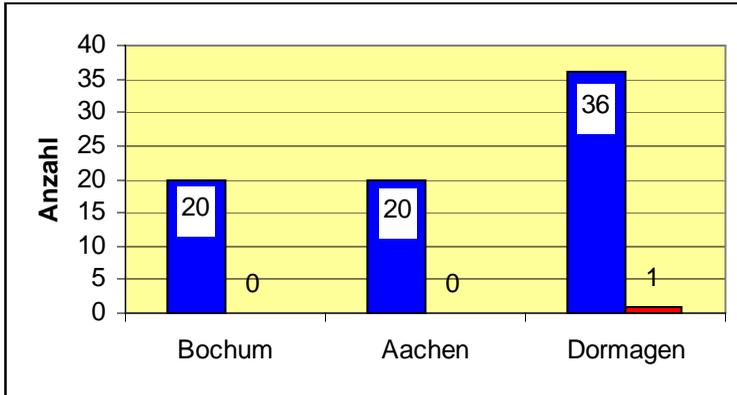


Abbildung 4-8 Anzahl der Refrakturen

Weitere Refrakturen zeigten sich bei der Studie von Ligier. [24] Hier ereigneten sich bei zwei Kindern drei Refrakturen vier Monate nach der Operation. Eine Konsolidation hatte stattgefunden und die Nägel waren entfernt worden.

Bei Lascombes und Prevot [24] wurden bei zwei Kindern eine sich dreimal wiederholende Refraktur gesehen.

Insgesamt zeigten sich bei 340 Unterarmschaftfrakturen lediglich fünf Refrakturen, was einer Prozentzahl von 1,4 entspricht und somit weit unter der von Schwarz et al. [43] angegebene mittleren Häufigkeit von 4,6% liegt.

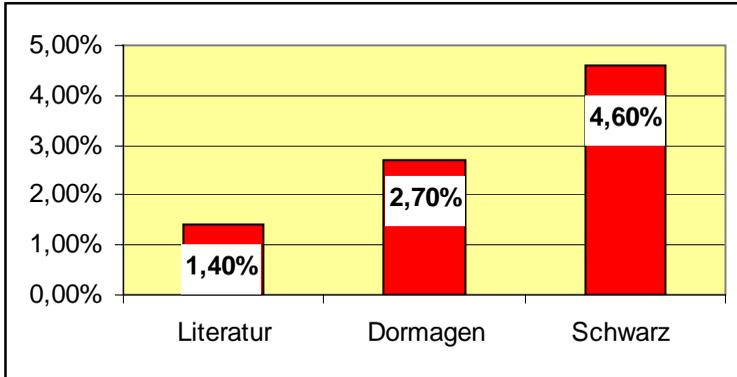


Abbildung 4-9 Häufigkeiten von Refrakturen im Vergleich

Schwarz et al berichten, daß die Refraktur des kindlichen Unterarms zwischen der 12. und der 20. Woche nach dem Primär Unfall eintritt; in Ausnahmefällen kann der zeitliche Abstand aber auch bis zu 1 Jahr betragen.

Der Patient des Krankenhauses Dormagens erlitt die Refraktur 22 Wochen nach Primär Unfall.

Für die Ursachen der Refrakturen am kindlichen Vorderarm lassen sich in der Literatur verschiedene Vermutungen finden.

Pelitz [47] nahm einen Vitaminmangel, Strauss und Mandel [47] sowie Kapel [47] eine Regenerationsstörung an. Frinta [47] postulierte eine lokale Sudeck-ähnliche neurovegetative Durchblutungsstörung und behandelte mit Sympathicolitica und Stellatumblockaden.

Schwarz et al [41] sieht als Ursache u.a. eine zu geringe Immobilisationsdauer.

Der Patient des Krankenhauses Dormagens wurde nach osteosynthetischer Versorgung der Primärfraktur mit einer Gipsschiene, welcher er nur bei Schulbesuchen tragen musste, versorgt.

Die Fraktur war übungsstabil aber nicht belastungsstabil.

Die übliche Gipsimmobilisation im Krankenhaus Dormagen beträgt bei dem Patientengut 11,5 Tage, so daß eventuell als Ursache für die Refraktur eine zu kurze bzw. nicht ausreichende Immobilisationsdauer anzusehen ist.

Gruber und von Laer legen aber in ihrer Arbeit „Zur Ätiologie der Refraktur des Vorderarms im Wachstumsalter“[47] dar, daß die Refraktur des Vorderarms im Wachstumsalter keine Folge zu kurzer Ruhigstellung ist und Achsenfehler bei Konsolidation ebenfalls keinen Einfluß auf eine eventuelle Refraktur haben[47]

Weitere Ursachen für Refrakturen sieht Schwarz et al[41] und auch Steinert[47] in der schicksalhaften Wiederholung des Unfallmechanismus.

Dies trifft bei dem Patienten zu, da die Primärfraktur durch einen Sturz während des Schulsports sich ereignete und die Ursache der Refraktur ein Fahrradsturz war.

Lokale Durchblutungsstörungen, qualitativ unzureichende Gipstechnik und insuffiziente Fragementreposition können als Refrakturursache in diesem Fall ausgeschlossen werden.

Die Röntgenkontrolluntersuchungen vor den Metallentfernungen zeigten jeweils eine achsengerechte Stellung und gute Durchbauung der Fraktur bzw. der Refraktur.

Der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung betrug nach der Primärfraktur 8 Wochen und damit 2 Wochen früher als im Durchschnitt im Kreiskrankenhaus Dormagen üblich und bei der Refraktur betrug der Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung 12 Wochen .

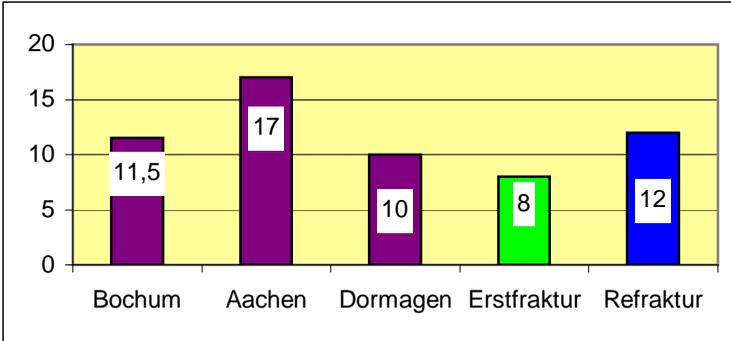


Abbildung 4-10 :Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung (Wochen)

Hinweise über die Therapie von Refrakturen gibt es kaum in der Literatur[41].Lascombes et al [24]verweisen lediglich darauf ,dass die Behandlung der Refraktur rigoroser zu erfolgen habe als die Erstfraktur.

Dies sind die Gründe bei dem Patienten für den längeren Zeitraum der Metallentfernung nach Refraktur, die längere Gipsimmobilisation und den absoluten Sportverbot für 3 Monate, welches unüblich für die Osteosynthese mittels Nancy-Nägel ist.

Die Nachuntersuchungsergebnisse der Refraktur waren nach Oestern et al im vorliegenden Fall in die Gruppe „sehr gut“ einzugruppieren, so dass man zusammenfassen kann, dass das Therapieregime korrekt gewählt worden ist.

Fasst man diese Ergebnisse der vorliegenden Studien zusammen, erhält man einen Überblick über die Komplikationen bei 340 Patienten (inklusive unseres eigenen Patientengutes), welche eine intramedulläre Schienung bei Unterarmschaftfrakturen erhalten haben.

Insgesamt kann man feststellen, dass die Anzahl der Komplikationen sehr gering ist.

Bei nur 4,11% der Patienten von insgesamt 340 Patienten kam es zu Hautirritationen an den Nagelaustritten, bei nur 2,9% der Patienten zu Bewegungseinschränkungen, bei zwei Patienten zu Verletzungen des Nervus radialis und bei nur einem Patienten zu einer Infektion kam.

(Mehrfachkomplikationsnennung bei einem Patienten waren möglich)

Die Ergebnisse wurden in der unten stehenden Tabelle 4-4 zusammen gefasst und nach einzelnen Autoren in einer weiteren Tabelle(4-5) dargestellt

<b>Komplikationen</b>	<b>Anzahl (n von 340)</b>	<b>Prozent (%)</b>
<b>Verletzungen der Nerven</b>	2/1*	0,58/0,29*
<b>Achsenfehlstellungen</b>	3	0,88
<b>Bewegungs- einschränkungen</b>	10	2,9
<b>Infektionen</b>	1	0,29
<b>Refrakturen</b>	5	1,5
<b>Hautirritationen an Nagelaustritten</b>	14	4,11

Tabelle 4-4: Komplikationen bei intramedullären Osteosynthese (gesamt)

Bei den Verletzungen der Nerven werden zwei Patienten aufgeführt, wobei zu bedenken ist, dass bei dem einem Patient die Verletzung sturzbedingt ist d.h. . die Verletzung bestand schon bei Klinikaufnahme.

<b>Autor</b>	<b>Anzahl Pat./ Komplikationen Gesamt</b>	<b>Verletzung der Nerven</b>	<b>Achsen fehlstell- ungen</b>	<b>Bewe- gungsein- schrän- kung</b>	<b>In- fek- tion</b>	<b>Re- frakt ur</b>	<b>Haut irritation an Nagel austritten</b>
<b>Ligier[22]</b>	45/2					2	
<b>Ver+Del[22]</b>	6/1			1			
<b>Po+Ja[22]</b>	44/8		2	4:Pronatio n 20° und 25°	1		1
<b>La+Pre[22]</b>	85/10	1	1	1:Pro. >20°+ Sup.>30		2	4
<b>To+Va[22]</b>	20/0	0					0
<b>Oestern et al [28]</b>	56/2			2:20 ° Pro+Sup.			
<b>Oetker[29]</b>	11/			1:Sup.			
<b>Dormagen</b>	33/2	1				1	
<b>Aachen[1]</b>	20/2			1:Pro- +Sup. von 10 °			1:belast- ungs- abhängige Schmer- zen
<b>Bochum[16]</b>	20/4			2:Sup von 10°			2:wetter- abh. Schmer- zen 1: Min- derung des Muskel- umfangs

Tabelle 4-5: Komplikationen bei intramedullären Osteosynthese (Literaturvergleich)

Abschließend steht ein Vergleich der Nachuntersuchungsergebnisse mit den Literaturangaben an. Man kann feststellen, dass mit der intramedullären Osteosynthese von kindlichen Unterarmfrakturen überwiegend sowohl in den Literaturangaben als auch in unserem Patientengut sehr gute bis gute Ergebnisse erzielt wurden. Bei der Nachuntersuchung des Patientenguts in Bochum waren 16 von 20 Patienten beschwerdefrei und ohne messbare Bewegungseinschränkungen der angrenzenden Gelenke. Zwei Patienten wiesen endgradige Einschränkungen der Supination von  $10^\circ$  auf. Zwei Patienten gaben wetterabhängige geringe Restbeschwerden an, einer von ihnen wies noch ein Kraftdefizit auf und wurde deshalb nach dem Bewertungsschema von Oestern et Tscherne [29] nur mit „ausreichend“ eingestuft. Zum Nachuntersuchungszeitpunkt waren in Aachen 18 von 20 Patienten völlig beschwerdefrei und erhielten die Note „sehr gut“. Ein Patient wies eine endgradige Bewegungseinschränkung der Pro- und Supination von jeweils  $10^\circ$  auf. Ein Patient gab belastungsabhängige Schmerzen im Unterarm an. Diese beiden Patienten erhielten die Note „gut“. Im Krankenhaus Celle erhielten 50 von 56 Patienten die Note „sehr gut“, Hautirritationen traten 4 mal auf und 2 Patienten wiesen  $20^\circ$  Bewegungseinschränkung in der Pronation und Supination auf. und erhielten somit die Note „gut“

In der Studie von Ligier aus dem Jahre 1985, bei der 45 Schafffrakturen des Unterarms nachuntersucht worden sind, wurde auch keine Funktionseinschränkung festgestellt. [23] In der Studie von Verstrecken und Delronge aus dem Jahre 1988[23] wurden bei sechs von 57 konservativ behandelten Kindern mit Unterarmschaftfraktur wegen instabiler Reposition eine elastische stabile Markschienung unter geschlossenen Bedingungen durchgeführt. Die Beweglichkeit des verletzten

Armes war bei allen Kindern bis auf eines, drei Monate nach der Operation nach Nagelextraktion nicht eingeschränkt. Bei einer Nachuntersuchung ein Jahr nach der Operation war bei allen Patienten der Unterarm ohne Einschränkung beweglich. [23]

Bei Ponet und Jawish aus dem Jahre 1989 [23] wurden 44 Frakturen des Unterarms nachuntersucht. Hier wurde das Verfahren gewählt im Falle eines Versagens einer konservativen Therapie. Bei vier Kindern resultierte eine Einschränkung der Pronation von 20 bzw. 25 Grad.

In der Studie von Lascombes und Prevot[23] aus dem Jahr 1990 wird über das Ergebnis von 85 Unterarmfrakturen bei Kindern berichtet.

Hier stellte man bei vier Kindern eine Bewegungseinschränkung der Pronation und Supination um größer 20 bzw.30 Grad fest.

Tossaint und Vanderlinden untersuchten in ihrer Studie aus dem Jahr 1991[23] 20 Patienten nach.

Hier wurde die komplette funktionelle Wiederherstellung bei allen Patienten festgestellt.

Bei Oestern et al [29] wurden in dem Zeitraum von 1996 bis 10/1999 56 kindliche Unterarmfrakturen durch intramedulläre Markraumschienung stabilisiert und nur zwei Patienten zeigten eine Bewegungseinschränkung von 20 Grad in der Pro- und Supination auf.

Am Kantonsspital Baden[30] wurden in dem Zeitraum von August 1990 bis September 1993 11 Kinder wegen Unterarmschaftfrakturen osteosynthetisch versorgt.

Die Nachuntersuchung zeigten, dass alle Kinder bzw. deren Eltern subjektiv mit dem Resultat zufrieden waren, sämtliche Frakturen waren radiologisch anatomisch verheilt und die

Beweglichkeit der benachbarten Gelenke waren normal, nur in einem Fall war bei einem achtjährigen Knaben die Supination im Handgelenk ein wenig eingeschränkt. Von den 33 nachuntersuchten Patienten des Kreiskrankenhauses Dormagens erhielten 32 nach dem Bewertungsschema nach Oestern und Tscherne[29] die Note „sehr gut“, die Note „gut“ erhielt kein Patient, die Note „befriedigend“ erhielt 1 Patient, da er immer noch über Hyposensibilität im Daumenbereich klagte ohne Funktionseinschränkung bei gleichem präoperativem Befund. Im Kreiskrankenhauses Dormagens zeigten sich alle Kinder bzw. deren Eltern ebenso mit dem Resultat zufrieden. In einem Fall war ebenso wie im Kantonsspital Basel die Supination im Handgelenk ein wenig eingeschränkt. Die unten stehende Tabelle fasst die Ergebnisse der Nachuntersuchungen noch einmal zusammen.

<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>Pat.- Anzahl</b>	<b>Sehr gut</b>	<b>Gut</b>	<b>Befr. – Ausr.</b>
<b>Ligier[22]</b>	1985	45	45	0	0
<b>Verstreken + Delronge [22]</b>	1988	6	6	0	0
<b>Ponet + Jawish [23]</b>	1989	44	40	4	0
<b>Lascombes + Prevot[22]</b>	1990	85	81	4	0
<b>Tossaint + Vanderlinden [22]</b>	1991	20	20	0	0
<b>Oestern et al. [28]</b>	1996- 1999	56	54	2	0
<b>Oetker (Baden) [29]</b>	1990- 1993	11	10	1	0
<b>Dormagen</b>	1997- 2000	33	32	0	1
<b>Aachen [1]</b>	1994- 1995	20	18	2	0
<b>Bochum [16]</b>	1994- 1995	20	16	3	1

Tabelle 4-6: Literaturvergleich Nachuntersuchungsergebnisse

## 5 SCHLUSSFOLGERUNG

Von Laer formulierte Therapieziele bei kindlichen Osteosyntheseverfahren ,welche wie folgt lauten:[8]

- schnellstmögliche und adäquate Schmerzbehandlung und kein Zufügen weiterer Schmerzen.
- die raschest mögliche Wiederherstellung der Mobilität des Patienten
- rasche funktionelle Belastbarkeit
- durch die Behandlung darf die im Wachstumsalter nahezu garantierte Frakturheilung nicht gestört werden
- durch die Behandlung dürfen keine zusätzlichen frühen oder später psychischen oder somatischen Schäden entstehen.
- die durchgeführte Behandlung muss effizient sein, d. h mit einem Minimum an Aufwand muss ein Optimum an Endergebnis erreicht werden.

Die oben dargestellten Ergebnisse des Kreiskrankenhauses Dormagens und ihre Vergleiche mit Darlegungen in der Literatur zeigen, dass die von von Laer formulierten Therapieziele bei kindlichen Frakturen, durch die intramedulläre Osteosynthese mittels Nancy- Nägel mit größtenteils sehr guten Ergebnissen im Kreiskrankenhaus Dormagen erfüllt werden:

Daher kommt man zu der Schlussfolgerung, dass die intramedulläre Osteosynthese mittels Nancy-Nägeln ein minimal traumatisierendes, elegantes und für einen geübten Operateur leicht durchzuführendes Verfahren ist das zur Behandlung instabiler kindlicher Unterarmfrakturen bei Beachtung der Indikation und Kontraindikation sehr empfohlen werden kann.

Nachdem intramedulläre Kraftträger bei Kindern bislang wegen der Gefahr der Wachstumsfugenverletzung kaum eingesetzt wurden, hat sich auf der Grundlage der Arbeiten von Prevot [33] in letzte Zeit die Verwendung von elastischen Marknägeln durchgesetzt.

Bei den in Schaftmitte und proximal gelegenen Frakturen wird übereinstimmend über eine hohe Redislokations- und Komplikationsrate nach konservativer Behandlung berichtet [2-6,7,8], so dass bei diesen Brüchen eine operative Versorgung in Erwägung gezogen werden muss.

Im Vergleich zur Plattenosteosynthese stellt die elastische Markraumschienung ein nur wenig traumatisierendes Verfahren dar, das durch vergleichsweise kurze Operationszeiten und eine unkomplizierte Metallentfernung besteht.

Bei geschlossener Reposition wird der Frakturbereich nicht unmittelbar tangiert und somit weitere Schädigung des Periosts vermieden. Die Dauer der Hospitalisation nach Markraumschienung war bei den eigenen Patienten kurz (3,5 Tage im Durchschnitt).

Im Gegensatz zur Bündelnagelung [15] ist es bei diesem Verfahren nicht das Ziel, den Markraum vollständig mit Nägeln aufzufüllen. Durch jeweils einen Nagel in Radius und Ulna, die sich nach dem Dreipunkt-Prinzip jeweils mit ihren Enden und der Konvexseite der Krümmung am Knochen

abstützen, wird eine elastische, federnde Schienung erreicht. Die Eigenelastizität der Implantate erlaubt eine geringe Mikrobewegung im Frakturspalt, die eine sekundäre Bruchheilung begünstigen.

Obwohl biomechanische Untersuchungen an Leichenarmen [15] zeigen, dass durch alleinige Markraumschienung auch für die Rotation eine hohe Primärstabilität erreicht wird, empfehlen die meisten Autoren eine zusätzliche Gipsruhigstellung. Mindestens genauso wichtig ist ein Weichteilmantel mit intakter Muskulatur. Durch den Muskelzug kommt es zur Spontankorrekturen kleinerer Fehlstellungen und zur Realisierung des Prinzips der elastischen Markraumschienung. Da bislang keine Langzeitergebnisse vorliegen, kann noch nicht definitiv über Wachstumsstörungen nach Anwendung dieser Methode geurteilt werden. Da die Epiphysenfugen bei korrekter Applikation der Nägel nicht tangiert werden, ist aber nicht mit Wachstumsstörungen zu rechnen.

Eine wesentliche Rolle für die Einschätzung des Repositionsergebnisses spielt das Alter des Patienten.

Als kritische Grenze kann man hier das 10.Lebensjahr sehen. Während die Korrekturpotenz bis zum 6.Lebensjahr sehr hoch ist, sollten Kinder oberhalb des 14.Lebensjahrs wie kleine Erwachsene behandelt werden, da praktisch keine spontanen Korrekturen mehr erwartet werden dürfen.

Von Laer legt die Korrekturgrenzen bei vollständiger(zumindest bei einem der beiden Knochen ist die Kortikalis allseitig vollständig durchgebrochen, die Fraktur disloziert und verkürzt) Fraktur von Radius und/oder Ulna folgendermaßen fest:

<5.Lebensjahr: Achsenknicke bis 20 °  
>5.Lebensjahr: Achsenknicke bis 10°,  
je proximaler, desto weniger Achsenabweichungen sind erlaubt.

Entsprechend sind bestimmte Osteosyntheseverfahren wie die elastische Markraumschienung oberhalb dieser Altersgrenze nur noch in Einzelfällen indiziert. [14,15,43,44,34]

Zum Nachteil der Technik gehört, wegen der Strahlenbelastung für den Operateur, die Notwendigkeit eines Röntgenbildverstärkers. Dazu sind mehrere Studien durchgeführt worden. Die Strahlendosis ist bemerkenswert gering und abhängig von der Nähe zur Strahlenquelle. Selten jedoch befinden sich die Hände des Operateurs im zentralen Strahlengang und bei Beachtung der Strahlenschutzverordnung ist die Belastung durch die Röntgenstrahlen minimal.

Die Vorteile des Verfahrens liegen darin, dass es sich um ein einfaches, komplikationslose, kinderfreundliches Verfahren handelt, welches aufgrund der Frühmobilisierung und der damit verbundenen Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes auch die Behandlungskosten senkt und die in der Literatur dokumentierten guten Ergebnisse genauso wie die eigenen Nachuntersuchungen zeigen, dass sich komplette Unterarmfrakturen im proximalen und mittleren Drittel durch elastische Markraumschienung gut stabilisieren und zur Ausheilung bringen lassen.

Weitere Vorteile bestehen darin, dass es nur zu kleinen Narben kommt, eine geschlossene Reposition erfolgen kann und die Metallentfernung z.B. im Vergleich zur Plattenosteosynthese sich als erheblich leichter erwiesen hat.

## **6 ZUSAMMENFASSUNG**

Unterarmfrakturen sind typische Verletzungen des Kindes – und Jugendalters. Literaturangaben zu folge betreffen ungefähr 25-38% aller kindlichen Frakturen den Unterarm.

Aufgrund dessen, dass die Entscheidungsfähigkeit und die Ansprüche von Eltern und Kindern sich geändert haben und diese immer mehr einen kindgerechten kurzen Krankenhausaufenthalt, rasche Mobilisierung und vollständige Wiederherstellung wünschen, hat sich auch die Behandlung kindlicher Unterarmfrakturen geändert.

Ein weiterer Faktor für die Veränderung der Behandlung kindlicher Unterarmfrakturen ist, dass man mit der intramedullären Schienung von Schaftfrakturen mittels Nancy-Nägeln 1978 in der Kinderchirurgischen Klinik von Nancy ein aus biologischen und biomechanischen Gesichtspunkten kindgerechtes Osteosyntheseverfahren geschaffen hat.

In dieser Arbeit soll die osteosynthetische Versorgung von kindlichen Unterarmfrakturen mittels elastisch-stabiler intramedullärer Schienung am Kreiskrankenhaus Dormagen dargestellt und der gegenwärtige Stand dieses Osteosyntheseverfahrens zusammengefasst werden. Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Auswertung der Behandlungsergebnisse von 36 Patienten, die sich vom 01.01.1997 bis zum 31.12.2000 einer Osteosynthese mittels Nancy- Nagel bei Unterarmfrakturen im Kreiskrankenhaus Dormagen unterzogen haben.

Die Operationsmethode, die ausführlich dargestellt wird, wird in Ihrem Nutzen für den Patienten, mittels

Behandlungsergebnissen dokumentiert und bewertet.

Die Ergebnisse werden hauptsächlich mit den Ergebnissen der Unfallchirurgie der Chirurgischen Klinik der RWTH Aachen,

der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie im Allgemeinen Krankenhaus in Celle und der chirurgischen Universitätsklinik und Poliklinik der Berufsgen. Kliniken „Bergmannsheil“ in Bochum, verglichen.

Die in dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse des Kreiskrankenhauses Dormagens und ihre Vergleiche mit Darlegungen in der Literatur und den oben aufgeführten Krankenhäusern zeigen, dass die von von Laer formulierten Therapieziele bei kindlichen Frakturen, durch die intramedulläre Osteosynthese mittels Nancy- Nägel mit größtenteils sehr guten Ergebnissen im Kreiskrankenhaus Dormagen erfüllt werden.

Daher kommt man zu der Schlussfolgerung, dass die intramedulläre Osteosynthese mittels Nancy-Nägeln ein minimal traumatisierendes, elegantes und für einen geübten Operateur leicht durchzuführendes Verfahren ist, welches aufgrund der Frühmobilisierung und der damit verbundenen Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes auch die Behandlungskosten senkt.



## **7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1-1: Anatomie des Unterarms .....	17
Abbildung 1-2: Schema der Epiphysenlösungen .....	37
Abbildung 1-3: Schema der Epiphysenfraktur.....	38
Abbildung 1-4: Halbkonservative Behandlung.....	42
Abbildung 1-5: Mikrobewegungen stimulieren den biologischen Ablauf der Knochenbruchheilung [21] .....	47
Abbildung 1-6: Indikation zur Intramedullären Osteosynthese .....	53
Abbildung 1-7: Osteosynthese.....	58
Abbildung 3-1: Altersverteilung .....	68
Abbildung 3-2: Seitenlokalisation der Unterarmfrakturen.....	71
Abbildung 3-3: Unfallursachen .....	74
Abbildung 3-4:Zeitraum zwischen Fraktur und operativer Versorgung .....	76
Abbildung 3-5: Dauer des stationären Aufenthaltes .....	78
Abbildung 3-6: Dauer der Operation .....	80
Abbildung 3-7: Zeit der Ruhigstellung.....	84
Abbildung 3-8:Operationsjahr und Patientenverteilung .....	86
Abbildung 3-9: Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung .....	89
Abbildung 3-10: Ohne Gipsruhigstellung.....	91
Abbildung 3-11: Einwöchige Gipsruhigstellung .....	92
Abbildung 3-12: Zweiwöchige Gipsruhigstellung.....	93
Abbildung 3-13: Drei- oder mehrwöchige Gipsruhigstellung .....	94
Abbildung 3-14: Dauer der Metallentfernungsoperation .....	97
Abbildung 3-15: Nachuntersuchungsergebnisse.....	100
Abbildung 4-1: Geschlechtsverteilung im Vergleich.....	106
Abbildung 4-2:Literaturvergleich :Gipsimmobilisationsdauer .....	108
Abbildung 4-3: Durchschnittliche Dauer der Gipsimmobilisation (Tage).....	109

Abbildung 4-4: Literaturvergleich Zeitraum Osteosynthese und Metallentfernung .....	111
Abbildung 4-5: Zeitraum Osteosynthese-Metallentfernung (Wochen).....	112
Abbildung 4-6: Durchschnittliche Operationszeit (min).....	113
Abbildung 4-7: Durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes (Tage).....	114
Abbildung 4-8 Anzahl der Refrakturen .....	119
Abbildung 4-9 Häufigkeiten von Refrakturen im Vergleich .....	120
Abbildung 4-10 :Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung (Wochen) .....	122

## 8 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Vor- und Nachteile "kindgerechter Osteosynthesen" .....	43
Tabelle 2-1: Bewertungsschema: Nachuntersuchung(Oestern et al.[28] .....	65
Tabelle 3-1: Gesamtpatientengut.....	69
Tabelle 3-2: Männliche Patienten.....	69
Tabelle 3-3: Weibliche Patienten.....	69
Tabelle 3-4 :Unfallursache .....	73
Tabelle 3-5: Zeitraum zwischen Fraktur und operativer Versorgung .....	75
Tabelle 3-6: Dauer des stationären Aufenthaltes .....	77
Tabelle 3-7: Dauer der Operation .....	79
Tabelle 3-8: Dauer der intraoperativen Durchleuchtung.....	81
Tabelle 3-9: Anästhesieart .....	82
Tabelle 3-10: postoperative Versorgung.....	83
Tabelle 3-11: Operationsjahr und Patientenverteilung .....	85
Tabelle 3-12: Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung .....	88
Tabelle 3-13: Bezug zwischen postoperativer Versorgung und Metallentfernung ..	90
Tabelle 3-14: Dauer des stationären Aufenthaltes .....	95
Tabelle 3-15: Dauer der Metallentfernungsoperation .....	97
Tabelle 3-16: Nachuntersuchungsergebnisse.....	99
Tabelle 4-1: Literaturvergleich Immobilisationsdauer.....	107
Tabelle 4-2: Literaturvergleich Zeitraum zwischen Osteosynthese und Metallentfernung .....	110
Tabelle 4-3: Behandlungsverlauf nach intramedulläre Osteosynthese bei kindlichen Unterarmfrakturen im Vergleich.....	115
Tabelle 4-4: Komplikationen bei intramedullären Osteosynthese (gesamt) .....	125
Tabelle 4-5: Komplikationen bei intramedullären Osteosynthese (Literaturvergleich).....	126
Tabelle 4-6: Literaturvergleich Nachuntersuchungsergebnisse .....	130



## 9 LITERATURVERZEICHNIS

### 1 **Ambacher, T.**

H.J. Erli:

Die Morote-Drahtung – ein minimal invasives  
Verfahren zur Versorgung kindlicher

Unterarmfrakturen (1999)

Aktuel Traumatol 29: 66-69

### 2 **Bauer, G.**

O. Gonschorek:

Zum Managment instabiler Vorderarmschaftfrakturen  
bei Kindern

Unfallchirurg 1996: 224-228

### 3 **Bauer, J.**

I. Andrasina, M. Hyza:

Versorgungsart und Betreuung von  
Unterarmschaftbrüchen bei Kindern

Hefte zur Unfallheilkunde 210 (1989) 393-394

### 4 **Blount, W.P.:**

Knochenbrüche bei Kindern

1957 Thieme Stuttgart, New York

### 5 **Böhler, L.:**

Die Technik der Knochenbruchbehandlung

5.Auflage Bd.1 Maudrich Verlag, Wien 1937

- 6 **Buch, J.**  
M. Leixnering, W. Hintringer, J. Poigenfürst:  
Markdrahtung instabiler Unterarmschaftbrüche bei  
Kindern  
Unfallchirurgie 17 (1991), 253-258
  
- 7 **Czerny, J.**  
W. Linhart, J.M. Rueger, D. Sommerfeldt, A. Pannike:  
Frakturen im Bereich des Unterarms bei Kindern  
Unfallchirurgie 20 (1994), 203-210
  
- 8 **Dietz, H.G.**  
P.P. Schmittenbecher, P. Illing:  
Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter  
Urban und Schwarzenberg, München Wien, Baltimore  
1997
  
- 9 **Dietz, H.G.**  
B. Rösch:  
Infektionen nach Osteosynthese im Kindesalter  
Unfallchirurg 95 (1992) 160
  
- 10 **Döhler, R.**  
A.L. Al-Arfaj, W. Löffler:  
Komplette Unterarmfrakturen bei Kindern-  
Möglichkeiten und Grenzen der konservativen Therapie  
Unfallheilkunde 86 (1983)22-27
  
- 11 **Einhorn, T.A.:**  
Knochenumbau bei der Frakturheilung  
Sandorama2 (1993) 15

- 12 **Feldkamp, G.**  
R. Daum:  
Langzeitergebnisse kindlicher Unterarmschaftbrüche  
Hefte zur Unfallheilkunde 132 (1978) 389-392
- 13 **Freuler, F.**  
B.G. Weber, Brunner:  
Die Frakturbehandlung bei Kindern und Jugendlichen  
1993  
Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- 14 **Hahn, M.P.**  
D. Richter, P.A.W. Ostermann, G. Muhr:  
  
Kindliche Unterarmfrakturen Diagnostik, Therapie,  
Komplikationsmöglichkeiten  
Unfallchirurg 1997 760-769
- 15 **Hahn, M.P.:**  
D. Richter, G. Muhr, P.A.W. Ostermann:  
  
Die elastische Markraumschienung – ein Konzept zur  
Behandlung der instabilen Unterarmschaftfraktur im  
Kindesalter  
Hefte Unfallchirurgie 262: 109
- 16 **Höcker, K.:**  
Die traumatische Knochenverbiegung im Kinds-Jugend  
–und frühen Erwachsenenalters- Pathomechanik und  
Literaturübersicht  
Unfallchirurg 98 (1995) 540

- 17 **Ittner, G.**  
E. Petrik, M. Strickner:  
  
Analyse unbefriedigender Ergebnisse nach  
konservativer Therapie von Unterarmschaftfrakturen  
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 201  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1989
- 18 **Karlbauer, A.**  
R. Helmberger, F. Gasperschitz, F. Genelin:  
  
Unterarmschaftbrüche bei Kindern und Jugendlichen.  
Behandlung und Ergebnisse  
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 201  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1989
- 19 **Katzer, A.**  
N.M. Meenen, M. Dallek, A. Heusinger, J.M. Rueger:  
  
Die Behandlung von Unterarmfrakturen bei Kindern  
Unfallchirurgie (1999); 25: 254-266
- 20 **Keller, H.W.**  
R. Huber, K.E. Rehm:  
Die intramedulläre Schienung von Frakturen im  
Wachstumsalter mit einem neuen Implantat  
Chirurg 64: 180-184
- 21 **Knorr, P.**  
Die intramedulläre Schienung bei  
Unterarmschaftfrakturen: Indikation, Ergebnisse und  
Komplikationen anhand von 90 Patienten  
Vortrag gehalten auf der 12.Tagung der internationalen  
Arbeitsgemeinsschaft Kindertraumatologie Fürigen  
/Schweiz

- 22 **Koffler, B.:**  
Die Geschichte der intramedullären Osteosynthese im Kindesalter  
Dissertation LMU München 1995
- 23 **Kurz, W.**  
H.Vinz, D. Wahl:  
Spätergebnisse nach Osteosynthese von Unterarmschaftfrakturen im Kindesalter  
Zentralblatt Chirurgie 107 (1982) 149-155
- 24 **Lascombes, P.**  
J. Prevot, J.N. Ligier, J.P. Metaizeau, T. Poncelet:  
  
Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases  
Pediatri.Orthopäde 10: 167-171
- 25 **Leixnering, M.**  
N. Schwarz:  
  
Osteosynthesen kindlicher Unterarmbrüche und deren Ergebnisse  
Hefte zur Unfallheilkunde 201(1989) 403-408
- 26 **Linhart, W.E.**  
S. Spindel, D. Helou:  
  
Die elastische stabile intramedulläre Schienung kindlicher Schaftfrakturen  
Hefte zur Unfallchirurgie Heft 230  
Springer- Verlag Berlin Heidelberg 1983

- 27 **Mann, D.**  
J. Petermann, L. Gotzen:  
Proximale und diaphysäre Humerusfrakturen im  
Wachstumsalter  
OP-Journal 15(1999) 119-124 Georg Thieme Verlag  
Stuttgart-New York
- 28 **Oestern, H.J.:**  
Intramedulläre Osteosynthese beim Kind  
Unfallchirurg (2000)103
- 29 **Oetker, J.**  
W. Komorek, R.P. Meyer, U. Kappeler:  
Die Prevot-Nagelung, eine elegante Methode  
Unfallchirurg (1996 ) 99: 327-331
- 30 **Perren, S:**  
Biomechanische Grundlagen der Frakturbehandlung  
Orthopädie 21 (1992)3
- 31 **Prevot, J.**  
J.P. Metaizeau, P. Lascombes:  
Stabiles elastisches intramedulläres Pinning: Ein neues  
Konzept der Behandlung der Schaftfraktur beim Kind  
Hefte Unfallchirurg 230: 955-961  
  
SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG 1993
- 32 **Prevot, J.**  
Elastisch-stabile Nagelung der Oberschenkel und  
Unterarmfrakturen des Kindes  
Hefte zur Unfallchirurgie, Heft 249

Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1993

- 33 **Rauber, Kopsch**  
B. Tillmann; G. Töndury  
Anatomie des Menschen ,Lehrbuch und Atlas Band I  
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1987
- 34 **Richter, D.**  
P.A.W. Ostermann, A. Ekkenkamp, G. Muhr, M.P. Hahn:  
Elastic intramedullary nailing - a minimally invasive  
concept in treatment of unstable forearm fractures in  
children  
Jpediatr.Orthop 18: 457-461
- 35 **Rudolph, H.**  
V. Studtmann:  
Der Unterarmschaftbruch beim Kind und Jugendlichen  
Hefte zur Unfallheilkunde 201 (1989) 285-390  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1989
- 36 **Rueger, J.M.**  
A. Katzer, N.M. Meenen:  
Frakturen im Wachstumsalter: Unterarmfrakturen  
OP-Journal 15 (1999) 136-141 Georg Thieme Verlag  
Stuttgart-New York
- 37 **Russe, F.**  
R. Pichler:  
Konservative Therapie von kindlichen  
Unterarmfrakturen  
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 201  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1989

- 38 **Sauer, H.**  
D. Mommsen, K. Bethke, H.U. Langendoorff:  
Der Vorderarmchaftbruch des mittleren und  
proximalen Unterarmdrittels im Kindesalter  
Z. Kinderchir. 29 (1980) 357-363
- 39 **Scheiberer, L.**  
W.F. Altherr:  
Unterarmfrakturen im Kindesalter  
Hefte zur Unfallheilkunde 332 (1978) 381-386
- 40 **Schulz, A.:**  
Knochenstruktur: physiologische und pathologische  
Knochenumbauvorgänge  
Sandorama 5 (1988) 25
- 41 **Schwarz, A.F.**  
K. Hocker, N. Schwarz et al:  
Die Refraktur des kindlichen Unterarms  
Unfallchirurg 99: 175-182
- 42 **Slacek, E.**  
J. Princic, M. Tonin  
Die operative Behandlung von Vorderarmbrüchen bei  
Kindern  
Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 201
- 43 **von Laer, L.:**  
Spontanverläufe nach Frakturen im Wachstumsalter

Orthopäde 23: 211-219

44 **von Laer, L.:**

Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter  
2001 4.Auflage Thieme Verlag Stuttgart

45 **Waseem, M.**

R.W. Paton:  
Percutaneous intramedullary elastic wiring of displaced  
diaphyseal forearm fractures in children.  
A modified technique. Injury 30: 21-24

46 **Yung, S.H.**

C.Y. Lam et al:  
Percutaneous intramedullary Kirschner-wiring for  
displaced diaphyseal forearm fractures in children.  
J Bone Joint Surg Br 80: 91-94

47

**Von Laer**

Zur Ätiologie der Refraktur des Vorderarmes im  
Wachstumsalter  
kinderchirurgische Klinik des Kinderspitals Basel  
akt.traumatol.9(1979) 251-259

## **10 DANKSAGUNG**

Herrn Prof. Dr. med. D. Moschinski danke ich für die Überlassung des Themas und die mir zu jeder Zeit gewährte freundliche Unterstützung bei der Durchführung der vorliegenden Arbeit.

Meiner Schwester Frau Dr. med. Anne Kathrin Kötter und Herrn Dr. med. Frank Sintermann die mir mit Rat und Tat zu Seite standen, sowie die vielen ermutigenden Worte.

Herrn Alexander Flocke danke ich für die tatkräftige Unterstützung beim Layout der Arbeit.

Allen Mitarbeitern des Kreiskrankenhauses Dormagens, die mich während dieser Arbeit aufmunternd und herzlich begleitet haben, möchte ich herzlich danken

## **11 LEBENS LAUF**

### **Angaben zur Person**

Name: Birgitta Bartel geb. Franken  
Geburtsdatum: 30.12.1969  
Geburtsort: Eslohe  
Wohnort: Neusser Strasse 95, 50670 Köln  
Staatsangehörigkeit: Deutsch  
Familienstand: verheiratet  
Konfession: Römisch-katholisch  
Eltern: Dr. med. Walter Franken  
Birgit Franken

### **Schul Ausbildung**

1976-1980 Grundschohle Köln  
1980-1989 Gymnasium der Ursulinen Köln  
1989 Abitur am Gymnasium der Ursulinen Köln

### **Ausbildung**

1989-1991 Ausbildung zur staatlich anerkannten Assistentin in der Zytologie, (Weyertal, Köln Prof. Dr. med. H. K. Zinser)

### **Studium**

1991-1999 Studium der Humanmedizin an der Universität zu Köln  
1992-1995 Studium an der Trainerakademie zu Köln

1995	Prüfung zur staatlich geprüften Trainerin
1999-2000	Praktisches Jahr am Kreiskrankenhaus Dormagen, Lehrkrankenhaus der Universität Köln Chirurgie, Gynäkologie und Innere Medizin
Ärztliche Prüfungen:	3.Abschnitt Ärztliche Prüfung November 2000
<b>Ärztliche Tätigkeit</b> Dezember 2000- Juni 2002	Ärztin im Praktikum, Gynäkologie und Geburtshilfe Chefarzt Dr. med. Gerd Eldering Vinzenz- Pallotti Hospital Bensberg
Seit Juni 2002	Assistenzärztin, Gynäkologie und Geburtshilfe Chefarzt Dr. med. Gerd Eldering Vinzenz- Pallotti Hospital Bensberg



