

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. W. Otto)



Die Therapie der Humerusschaftfraktur

**Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung des UHN (Eine Studie am Patientengut der
MLU-Halle-Wittenberg aus dem Zeitraum vom 01.01.1996 - 30.11.1999)**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

Der Medizinischen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Kay Brehme

geboren am 07.06.1968 in Leipzig

Gutachter:

Prof. Dr. med. Otto Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der MLU - Halle

Prof. Dr. med. Reichel Klinik für Orthopädie der MLU – Halle

PD. Dr. med. Lungershausen Klinik für Unfallchirurgie FSU - Jena

Promotionsverteidigung

04.05.2004

urn:nbn:de:gbv:3-000006855

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000006855>]

Referat

Die Zielstellung dieser Arbeit ist die Erfassung der an unserer Klinik behandelten Patienten mit Humerusschaftfrakturen und die Auswertung der Behandlungsergebnisse nach operativer und konservativer Therapie. Dabei galt dem seit dem 01.01.1996 eingeführten unaufgebohrten Humerusnagel (UHN) besondere Beachtung. Der UHN stellte zu dieser Zeit ein relativ neues Implantat dar. In einer retrospektiven Studie wurden 115 Humerusschaftfrakturen ausgewertet. Operativ wurden davon 94, 64 mit einem UHN versorgt. Der Vergleich mit den anderen im Zeitraum angewandten Therapieverfahren des eigenen Patientengutes und mit den in der Literatur publizierten Behandlungsergebnissen stand im Mittelpunkt dieser Arbeit.

Nach Auswertung der systemspezifischen und allgemeinen Komplikationen sowie der funktionellen, subjektiven und radiologischen Ergebnisse nach einem Score von Kwasny (83) kann unserer Meinung nach der UHN sowohl zur Behandlung der frischen Humerusschaftfraktur als auch zur Versorgung von Humerusschaftpseudarthrosen empfohlen werden. Im Besonderen die retrograde Marknagelosteosynthese mit dem UHN stellt ein gutes und schonendes (biologisches) Frakturbehandlungsverfahren dar. Die Implantation des UHN ist aufgrund ihrer Vorteile (kleiner, frakturferner chirurgischer Zugang, vergleichsweise einfache Implantationstechnik) eine empfehlenswerte Alternative zur Plattenosteosynthese, und erweitert, auch aufgrund ihrer relativ geringen Komplikationsrate im Vergleich zur Behandlung mit dem Oberarm-Brace den Indikationsbereich zur Operation deutlich.

Brehme, Kay: Die Therapie der Humerusschaftfraktur Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung des UHN (Eine Studie am Patientengut der MLU-Halle-Wittenberg aus dem Zeitraum vom 01.01.1996-30.11.1999).
Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 80 Seiten, 2003

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.1	Anatomische und funktionelle Besonderheiten des Humerusschaftes	2
2.2	Ätiologie und Inzidenz der Humerusschaftfraktur	3
2.3	Klinik der Humerusschaftfraktur	4
2.4	Definition und Klassifikation der Humerusschaftfraktur	4
2.5	Die Entwicklung der konservativen Therapie	6
2.5.1	Die Entwicklung der konservativen-immobilisierenden zur konservativ-funktionellen Therapie	6
2.5.2	Konservativ-Funktionelles Behandlungsregime im eigenen Patientengut	9
2.6	Die Entwicklung der operativen Therapie	10
2.6.1	Intramedulläre Operationsverfahren am Humerusschaft	10
2.6.2	Die UHN-Implantation und die postoperative Nachsorge	12
2.6.2.1	Die retrograde Implantation des UHN	12
2.6.2.2	Die antegrade Implantation des UHN	14
2.6.2.3	Die Nachbehandlung nach UHN-Implantation	15
2.6.3	Die Entwicklung der Plattenosteosynthese am Humerusschaft	15
2.6.4	Die Anwendung des Fixateur externe am Humerusschaft	16
2.7	Operationsindikationen und Kontraindikationen bei der Oberarmschaftfraktur	16
2.8	Komplikationen der Humerusschaftfrakturen	18
2.8.1	Die gestörte Frakturheilung am Humerusschaft und ihre Ursachen	18
2.8.2	Die Humerusschaft – Pseudarthrose	18
2.8.2.1	Ätiologie und Inzidenz der Pseudarthrosen	19
2.8.2.2	Therapie der Humerusschaftpseudarthrose	20
2.8.2.3	Konservative Therapieansätze der Humerusschaftpseudarthrose	20
2.8.2.4	Operative Therapieansätze der Humerusschaftpseudarthrose	21
2.8.3	Verletzungen des Plexus brachialis und des Nervus ulnaris und Nervus medianus	21
2.8.4	Die Nervus-radialis-Läsion und ihre Behandlungsmöglichkeiten	22
2.8.5	Die offene Oberarmschaftfraktur	23
2.8.6	Die Infektion bei Oberarmschaftfrakturen	24
2.8.7	Gefäßverletzungen bei Oberarmschaftfrakturen	24

3.	Die Untersuchung der konservativ und operativ behandelten Patienten mit Humerusschaftfrakturen	25
3.1	Allgemeine Problemstellung	25
3.2	Material und Methode	25
3.2.1	Patientenkollektiv	25
3.2.1.1	Alters- und Geschlechtsverteilung	26
3.2.1.2	Unfallursachen	28
3.2.1.3	Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen	28
3.2.1.4	Offenen Humerusschaftfrakturen	29
3.2.1.5	Gefäßverletzungen	30
3.2.1.6	Plexus Brachialis Schädigungen einschließlich der primären Radialisparesen	30
3.2.1.7	Frakturtypen	32
3.2.1.8	Frakturlokalisierung	32
3.2.2	Therapie der Humerusschaftfrakturen	32
3.2.2.1	Konservative und operative Behandlung der Humerusschaftfrakturen entsprechend den Frakturtypen	33
3.2.2.2	Therapie der Schaftfrakturen mit Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen	35
3.2.2.3	Die spezielle Anwendung des UHN	36
3.2.2.4	Die Anwendung der konservativen Therapie	37
3.2.2.5	Die spezielle Anwendung des Fixateur externe	38
3.2.2.6	Die Anwendung der Plattenosteosynthese	39
3.2.2.7	Die Anwendung anderer Verfahren	39
3.2.3	Komplikationen bei der Behandlung der Humerusschaftfrakturen	39
3.2.3.1	Die sekundären Radialisparesen	40
3.2.3.2	Infektionen der operativ versorgten Patienten	40
3.2.3.3	Humerusschaftpseudarthrosen aus dem eigenen Patientengut	41
3.2.3.3.1	Pseudarthrosen nach konservativer Primärbehandlung	41
3.2.3.3.2	Pseudarthrosen nach operativer Primärbehandlung	43
3.2.3.4	Humerusschaftpseudarthrosen nach auswärtiger Vorbehandlung	43
3.2.3.5	Spezifische Komplikationen bei Anwendung des UHN	44
3.2.3.5.1	Intraoperative Probleme und Komplikationen	44
3.2.3.5.2	Ektope Ossifikationen	45
3.2.4	Methode	46

4.	Nachuntersuchungsergebnisse	48
4.1	Subjektive Bewertung des Behandlungsergebnisses	48
4.2	Subjektive Beurteilung des Schmerzverhaltens	49
4.3	Beurteilung der groben Kraftentfaltung	50
4.4	Funktion der angrenzenden Gelenke	51
4.5	Beurteilung der Neurologie	53
4.6	Röntgenergebnisse	54
4.7	Gesamtbeurteilung der Nachuntersuchungsergebnisse	55
5.	Diskussion	57
6.	Zusammenfassung	68
7.	Literaturübersicht	70
8.	Abbildungsverzeichnis	77
9.	Tabellenverzeichnis	79
10.	Thesen	80

Lebenslauf

Eidesstattliche Erklärung

Danksagung

1. Einleitung

Im Ergebnis umfangreicher Studien stellte L. Böhler im Jahre 1964 fest, dass „die Oberarmschaftfraktur unter allen Schaftbrüchen der langen Röhrenknochen der gutartigste Knochenbruch“ sei und von ganz seltenen Ausnahmen abgesehen, fast immer auf einfache Weise konservativ behandelt werden kann. Er unterstrich diese Einstellung mit der Aussage, „Am Humerusschaft darf nicht operiert werden. ...einfachste Behandlung der frischen Oberarmschaftbrüche mit dem Desault'schen Verband...“ [7,87]. Die Ergebnisse der klassisch-konservativen Behandlung wurden später auch nach Einführung der frühfunktionellen Therapie durch Sarmiento [86] bestätigt. Eine Vielzahl von Publikationen (Böhler, Sarmiento, Schweiberer, Kwasny und anderen) beginnt daher die mit den einleitenden Worten:“ Die geeignete Therapieform am Humerusschaft ist die konservative Behandlung“ [7,38,42,67,70,81,83,86,93,94,99,104,110].

Obwohl die Indikation zur operativen Stabilisierung der Humerusschaftfraktur in der Literatur kontrovers diskutiert wird [3,7,11,22,38,45,67,79,81,83,91,92,93,107,], zeigen die Ergebnisse der letzten AO-Sammelstudie zu diesem Thema aus dem Jahr 1994 eine zunehmende Operationsfrequenz [71]. So kommen gegenwärtig neben der konservativen Therapie, die Plattenosteosynthese, intramedulläre Operationsverfahren und in selteneren Fällen der Fixateur externe zur Anwendung. Die bei der konservativen Therapie möglichen Immobilitätsschäden und der höhere Patientenkomfort mit postoperative frühfunktioneller Therapie in der modernen Unfallchirurgie sind Gründe für die steigende Operationsfrequenz. Die Entwicklung neuer Implantate, die dem Wunsch nach einer raschen, einfachen und komplikationsarmen Stabilisierung entsprachen, wirken hier unterstützend [7]. Lange Zeit konnte sich die intramedulläre Frakturstabilisierung am Humerusschaft gegen die Plattenosteosynthese nicht durchsetzen [83]. Ein neuer Verriegelungsnagel orientiert an den Besonderheiten des Humerusschaftes und seiner physiologischen Beanspruchung, der gleichzeitig die Möglichkeit bietet, Kompression auf die Fraktur auszuüben, wurde entwickelt. Diese neue Generation intramedullärer Kraftträger, wie der unaufgebohrte Humerusnagel (UHN) führte zum Durchbruch der Marknagelosteosynthese auch am Oberarmschaft.

Nur wenige Veröffentlichungen berichten über Vergleiche zwischen unterschiedlichen Behandlungskonzepten [45]. Die Aufarbeitung des Patientengutes der Universitätsklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie an den berufsgenossenschaftlichen Kliniken „Bergmannstrost“ in einem Zeitraum vom 01.01.1996 – 31.08.1999 weist ein zunehmend operatives Behandlungsregime für die Humerusschaftfraktur, bei mindestens ebenbürdigen Behandlungsergebnissen im Vergleich zu den publizierten anderen Verfahren aus.

2. Theoretische Vorbetrachtungen zur Fraktur des Humerusschaftes ihren Besonderheiten und ihrer Behandlung

Der Humerusschaft bietet aus anatomischer und funktioneller Sicht einige Besonderheiten. Diese waren Grund und Anlass, spezielle Verfahren der konservativen und operativen Behandlung dieses Gliedmaßenabschnittes zu entwickeln.

2.1 Anatomische und funktionelle Besonderheiten des Humerusschaftes

Die Humerusschaftfraktur nimmt unter den Frakturen der langen Röhrenknochen eine Sonderstellung ein. Die folgenden Angaben beziehen sich auf eine Sammelstudie von Böhler, Lob, Mösender, Rueff und Pelzl, Tuncay, Vick und Kellermann über 1638 frische Oberarmschaftfrakturen [104]:

- Der Humerusschaft ist allseits von einem dickem, gut durchbluteten Weichteilmantel umgeben, der die Fraktur schient [41,43,104].
- Die einfachen Bruchformen der AO-Klassifikation (Typ A, B) überwiegen [7,41,42,65,70,79].
- Ca. 8% der Brüche sind offen, schwere Weichteilverletzungen aber selten [30].
- Die Reposition gelingt in der Regel leicht. Frisch nach Verletzung legt sich die Muskulatur wie ein Mantel um den Knochen. Dieser Manteldruck ist eine große Hilfe für Reposition und Retention. Er ist die Erklärung dafür, dass manche Fraktur sich auch bei ungenügender Einrichtung und trotz mangelhafter Fixation gut einstellt.
- Da auf den Oberarm kaum axiale Stauchungskräfte einwirken, ist auch bei leichten Fehlstellungen die Funktion in der Regel gut, nachteilige Auswirkungen auf benachbarte Gelenke sind selten. Somit ist am Oberarm, im Gegensatz zur unteren Extremität, weniger eine anatomische Wiederherstellung als die funktionsgerechte Reposition zu fordern [59].
- Der Humerus weist anatomische Besonderheiten auf: Der Markraum ist proximal trompetenförmig, verjüngt sich ovalär nach distal und endet proximal der distalen Metaphyse. Im mittleren Schaftdrittel besitzt er eine ideale Röhrenform. Nur eine ausreichend lange röhrenförmige Markraumstrecke mit gleich bleibenden Durchmesser ermöglicht aber die „stabile“ Verklemmung eines unverriegelten Nagels [59].
- Der Humerusschaft zeigt von allen Röhrenknochen die beste und schnellste Frakturheilungstendenz [70].
- Der Humerusschaft weist von allen geschlossenen Frakturen der langen Röhrenknochen die höchste Rate an Begleitverletzungen auf [70]. Die Nachbarschaft zwischen Humerus und N. radialis führt nach Literaturangaben in 0-29% zur primären Radialislähmung [8,42,55,61,62,63,68,89,112]. Der dorsal von proximal medial nach distal lateral verlaufende

Nervus radialis verläuft im Sulcus nervi radialis unter dem M. trizeps direkt auf dem Humerusschaft und ist damit bei Frakturen im gesamten Schaftbereich gefährdet. Es besteht eine hohe spontane Remissionsrate frakturbedingter Radialispareesen (nahezu 90%) [7]. Die iatrogene Radialisschädigung ist vor allem bei der Plattenosteosynthese eine relativ häufig beschriebene Komplikation und liegt nach Literaturangaben zwischen 5% und 34% [11,59,68,112].

- Die Dislokation der Fragmente am Humerusschaft hängt nicht nur von der Richtung der einwirkenden Kraft sondern in erster Linie von den Insertionsstellen der am Oberarm befindlichen Muskulatur ab. Liegt die Frakturlinie oberhalb des Ansatzes des M. deltoideus am Oberarm, wird das kurze proximale Fragment vom M. pectoralis major nach medial gezogen, während das distale Fragment durch den Zug des M. deltoideus nach lateral und kranial verschoben wird. Setzt der Deltamuskel am proximalen Fragment an, zieht er dieses in Abduktionsstellung, das distale Bruchstück wird durch den Zug des M. trizeps und M. coracobrachialis nach dorso-kranial verlagert.
- Trümmerfrakturen stellen am Oberarm ein therapeutisches Problem dar, insbesondere wenn eine weite Diastase zwischen den Fragmenten besteht und Fragmente aus ihrem Weichteilverbund herausgerissen sind, so dass sie schließlich nekrotisch werden [28].

2.2 Ätiologie und Inzidenz der Humerusschaftfraktur

Das Schultergelenk gewährt der zugehörigen oberen Extremität den größten Bewegungsumfang aller Gelenke des menschlichen Organismus. In den westlichen Industrieländern wird eine Inzidenz der Humerusschaftfrakturen von 1%, bezogen auf alle Extremitätenfrakturen, angegeben [30,43,89]. Am häufigsten handelt es sich um Folgen von Verkehrsunfällen, häuslichen Unfällen, Berufsunfällen, Sportunfällen und malignen Tumoren.

Massive direkte Krafteinwirkungen wie Anprall-, Schuss- oder Überrollkräfte führen zu Stück- und Trümmerfrakturen. Lange Torsions- oder Schrägbrüche resultieren meist aus indirekten Traumata wie Sturz auf den Ellenbogen oder die ausgestreckte Hand. Pathologische Frakturen sind die Folge inadäquater Traumata bei Vorschädigung der Knochenstruktur infolge maligner Tumoren oder anderer krankhafter Zustände, wie beispielsweise der Osteoporose.

2.3 Das klinische Bild der Humerusschaftfraktur

Die klinische Symptomatik einer Humerusschaftfraktur weist typische Merkmale einer Fraktur eines langen Röhrenknochens auf. Sichere Frakturzeichen sind:

- Fehlstellung
- sichtbare Knochenfragmente bei offenen Frakturen
- abnorme Beweglichkeit
- Krepitation.

Als unsichere Zeichen finden sich häufig begleitend:

- Schmerz
- Funktio laesa
- Schonhaltung.

2.4 Definition und Klassifikation der Humerusschaftfraktur

Als Frakturen des Oberarmschaftes werden Verletzungen des 2.-5. Humerussechstels definiert. Die Beteiligung des 1. und 6. Humerussechstels möglich ist, wenn das Frakturzentrum im Bereich des Schaftes lokalisiert ist [66,73].

Nach den Richtlinien der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) können die Humerusschaftfrakturen in die A-Typen = Einfache Frakturen, die B-Typen = Keil- Frakturen mit erhaltenem Kontakt der Hauptfragmente sowie die C-Typen = Komplexe Frakturen ohne Hauptfragmentkontakt eingeteilt werden, wie das in Abb. 1 dargestellt ist.

Der Oberarm trägt die Nummer 1, die Diagnose die Ordnungszahl 2. Beide Zahlen bilden die vordere Zahlengruppe des 5-stelligen alpha-numerischen Code dieser Klassifikation.

A 1 Einfache Fraktur, spiralförmig

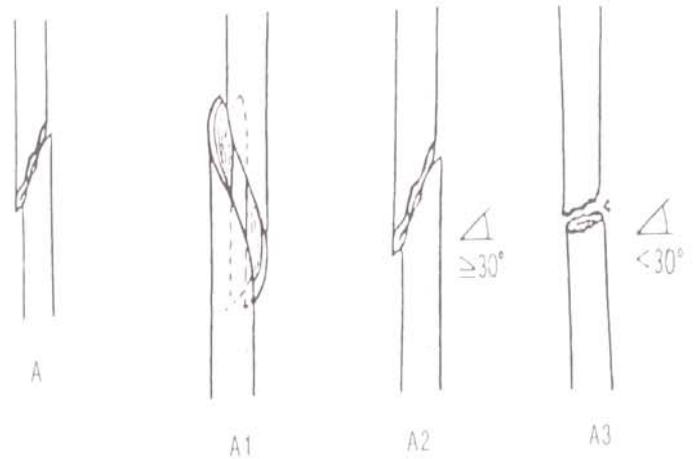
- .1 proximale Zone
- .2 mittlere Zone
- .3 distale Zone

A 2 Einfache Fraktur, schräg ($\geq 30^\circ$)

- .1 proximale Zone
- .2 mittlere Zone
- .3 distale Zone

A 3 Einfache Fraktur quer ($< 30^\circ$)

- .1 proximale Zone
- .2 mittlere Zone
- .3 distale Zone



B 1 Keilfraktur, Drehkeil

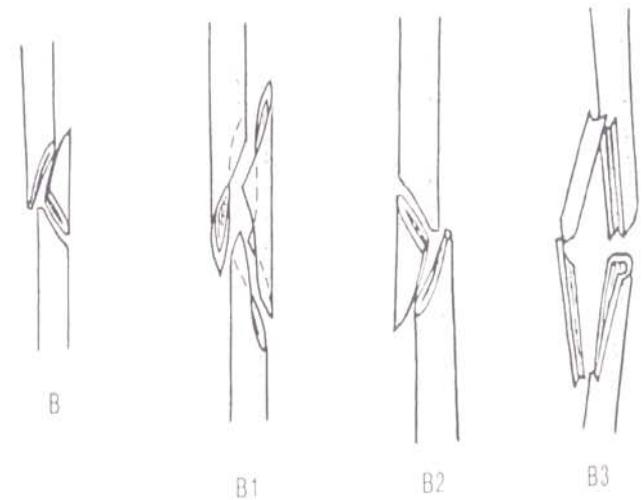
- .1 proximale Zone
- .2 mittlere Zone
- .3 distale Zone

B 2 Keilfraktur, Biegungskeil

- .1 proximale Zone
- .2 mittlere Zone
- .3 distale Zone

B 3 Keilfraktur Keil fragmentiert

- .1 proximale Zone
- .2 mittlere Zone
- .3 distale Zone



C 1 Komplexe Fraktur, spiralförmig

- .1 mit zwei Zwischenfragmenten
- .2 mit drei Zwischenfragmenten
- .3 mit mehr als drei Zwischenfragmenten

C 2 Komplexe Fraktur, etagenförmig

- .1 mit einem segmentalen Zwischenfragment
- .2 mit einem segmentalen Zwischenfragment und zusätzlichem(n) Keilfragment(en)
- .3 mit zwei segmentalen Zwischenfragmenten

C.3 Komplexe Fraktur, irregulär

- .1 mit zwei oder drei Zwischenfragmenten
- .2 mit geringer Trümmerzone ($< 4\text{cm}$)
- .3 mit ausgedehnter Trümmerzone ($\geq 4\text{cm}$)

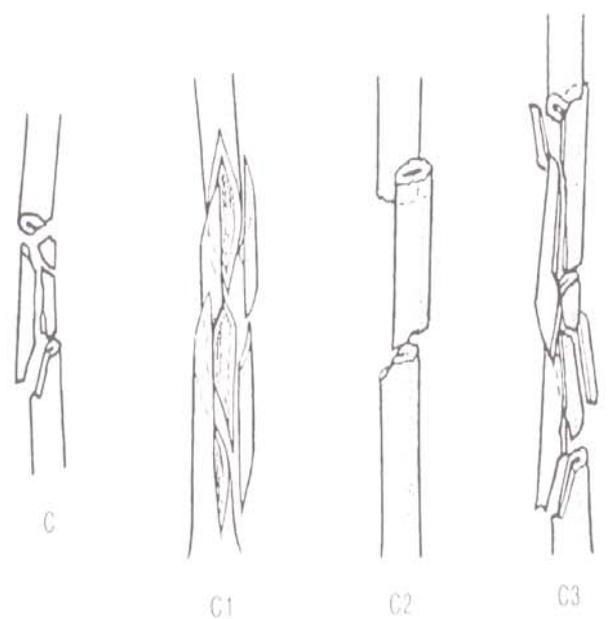


Abb.1:AO-Klassifikation der OA-Schaftfraktur (12...)

2.5 Die konservative Therapie der Humerusschaftfraktur

Die Behandlung von Knochenbrüchen lässt sich anhand von antiken Schriften, wie auch Auffindungen menschlicher Knochen 2000 – 2500 Jahre zurück verfolgen. Seit der Behandlung von Frakturen bis in das 20. Jahrhundert stand die konservative Therapie der Humerusschaftfraktur an erster Stelle der verschiedenen Behandlungsverfahren. In diesem Kapitel wird ein Überblick der konservativen Frakturbehandlung und ihrer Entwicklung an diesem Gliedmaßenabschnitt gegeben und letztlich auf das eigen konservative Behandlungskonzept eingegangen.

2.5.1 Die Entwicklung der konservativen-immobilisierenden zur konservativ-funktionellen Therapie

Bereits bei der Untersuchung von ca. 5000 Jahre alten Mumien wurden gepolsterte Schienen vornehmlich aus Baumrinde und Binsenbündeln an frakturierten Knochen gefunden [33]. Hippokrates begründete um 460 v. Chr. in seinem Corpus Hippocraticum die wissenschaftliche Frakturlehre. Damals wurde die exakte Reposition der Fraktur als wesentliche Voraussetzung der Frakturheilung erachtet. So wurden die Frakturen der Extremitäten, so auch des Oberarmschaftes, mit genau festgelegten Bindentouren fixiert. Circa 7 Tage später wurden nach Abschwellung gepolsterte Holzschienen angelegt, die durch korrigierbare Bänder gehalten wurden. Der nun fixierte Oberarm wurde im Ellenbogen gebeugt gelagert. Bei Falschgelenken versuchte um 60 v. Chr. Celsus durch heftiges aneinander reiben der Bruchenden doch noch eine Knochenheilung zu erzielen [33].

Der erste ruhigstellende Verband, der dem heute gebräuchlichen Gilchristverband entfernt ähnelt, ist von dem arabischen Arzt Abulkasim um 1000 n. Chr. beschrieben worden. Er empfahl die Hand der verletzten Seite bei maximaler Beugung im Ellenbogengelenk auf der gleichen Schulter zu befestigen. Die Erfindung des Gipsverbandes geht auf den niederländischen Militärarzt Antonius Mathyien (1805-1878) im Jahre 1851 zurück. Seit dem fanden zunächst zirkuläre Gipsverbände auch bei der Behandlung der Oberarmschaftfraktur ihre Anwendung.

Die Dauerextension über einen Nagel bei der Therapie der Oberarmschaftfraktur wurde durch Steinmann im Jahre 1907 propagiert. Über einen distal am Oberarm quer eingebrachten Nagel wurde ein Gewicht fixiert und die Fraktur unter Längszug gebracht. Klapp (1912) und Kirschner (1927) verbesserten das Prinzip dieser Methode der heute noch in besonderen Fällen angewandten Extensionsbehandlung. Der Hanging Cast wurde von Caldell 1933 erstmalig beschrieben.

Bis Mitte der 40er Jahre wurde vielerorts der Thoraxabduktionsgips oder eine entsprechend angefertigte Schiene zur Retention der eingerichteten Fraktur verwendet. Später wurde die Ruhigstellung in einer U-Gips-Schiene, dem Hanging-Cast oder im Desault'schen Verband bzw. -

gips durchgeführt [7,70]. Insgesamt bessere Ergebnisse zeigten die abduzierenden Formen der Frakturruhigstellung, sie erforderten aber eine mindestens dreiwöchige derartige Immobilisation sowohl des Schulter-, als auch des Ellenbogengelenkes. Mit dem Hanging-Cast und der U-Gips-Schiene konnten zwar frühzeitiger die krankengymnastische Bewegungstherapie der Schulter begonnen werden, jedoch kam es häufiger zur verzögerten Bruchheilungen bzw. Pseudarthrosen infolge einer zu starken Distraction oder mangelhaft ausgeschalteter Rotation [70]. Nach Böhler war gerade das Erzeugen einer Verkürzung von 1-10 mm die wichtigste Voraussetzung der erfolgreichen konservativen Knochenbruchbehandlung der Frakturen des Oberarmschaftes [7]. Infolge der bereits genannten Besonderheiten des Oberarmes sind beispielsweise bei Querbrüchen Verschiebungen um volle Schaftbreite mit Verkürzung funktionell und kosmetisch belanglos, wenn keine nennenswerte Achsknickung (bis zu 20°) und Rotationsfehlstellung (bis zu 10°) bestehen [7,12,41,43,70]. Aus zweierlei Gründen spielen Fehlstellungen nach einer Oberarmschaftfraktur im Vergleich zur unteren Extremität eine untergeordnete Rolle. An der unteren Extremität kommt es bei einer Fehlstellung nach Frakturbehandlung durch die Veränderung der mechanischen Achse zur Fehlbelastung der Gelenke. Eine vorzeitige Arthrose ist die Folge. An der oberen Extremität spielt die mechanische Achse aufgrund der fehlenden axialen Belastung kaum eine Rolle. Andererseits wirken sich Fehlstellungen infolge der Kompensationsmöglichkeiten des Schultergelenkes sowie des ausgeprägten Weichteilmantels kosmetisch wie funktionell weniger hindernd aus [3,12,70]. Zahlreiche immobilisierende Verbände wurden zur konservativen Behandlung eingesetzt, woraus in nicht wenigen Fällen erhebliche Hautmazerationen, allergische Reaktionen und eine Schwellneigung sowie Immobilisationsschäden, insbesondere am Schultergelenk, resultierten [7,30,42,104]. Auf der Basis der oben genannten besonderen Gegebenheiten entwickelte Sarmiento [86] seine Brace-Technik auch für den Oberarm und erreichte damit eine ausreichende Reposition, Retention, Stabilität und zeitgerechte Heilung der Fraktur mit der Möglichkeit einer frühfunktionellen Behandlung der angrenzenden Gelenke. Die gefürchteten Immobilisationsschäden konnten auf diese Weise reduziert werden [30,42,49,69,86]. Als Fehlerergebnisse stehen bei der funktionellen Therapie nach Sarmiento im Vordergrund: Achsabweichungen und Pseudarthrosenbildungen [67].

Tabelle I: Fehlerergebnisse nach konservativ-funktioneller Behandlung der Oberarmschaftfraktur [67]

	Fallzahl	Achsabweichung >10°	Pseudarthrose
Sarmiento, 1984 [86]	85	6%	0,85%
Nast-Kolb, 1991 [66]	61	30%	7%
Winker, 1993 [110]	28	Keine Angabe	7%
Goldhahn, 1996 [29]	67	Keine Angabe	0,67%
Klestil, 1997 [45]	36	Keine Angabe	8,3%

Bei sehr adipösen Patienten kann durch die Brace-Behandlung keine suffiziente Stabilität erreicht werden. Durch den übermäßigen subkutanen Fettgewebeanteil können die Muskellogen nur unzureichend komprimiert bzw. durch Druck stabilisiert werden, wodurch die Fraktur meist in Varusfehlstellung disloziert. Bei solchen Patienten besteht eine relative Operationsindikation [11,42,69,70,81].

Brüche mit einer Torsionskomponente (A1, B1, C1) erscheinen für die funktionelle Behandlung im Brace besonders geeignet, da der zu erwartende große kugel- oder spindelförmige Kallus früh eine ausreichende Rotationsstabilität verspricht [29]. Bestimmte Frakturtypen bereiten bei der konservativ - funktionellen Therapie Schwierigkeiten auf. Querfrakturen und kurze Schrägfrakturen haben eine zu geringe Kontaktfläche, bilden wenig Kallus und neigen zur Distraction. Bei langen Spiralfrakturen kommt es nicht zur Ausheilung, wenn sich zwischen den Fragmenten Muskelfasern imponiert sind [81]. Bei ungenügendem muskulärem Tonus bzw. einer bestehenden Muskelschwäche entsteht eine Frakturdehiszenz, was eine Indikation zur operativen Versorgung darstellt. In einer Sammelstudie der Deutschen Sektion der AO- International wurde eine durchschnittliche Ruhigstellungsdauer im Oberarmbrace von 49 Tagen ermittelt [66].

Im Unterschied zur operativen Behandlung der Humerusschaftfrakturen wird die konservative Therapie ambulant durchgeführt, was im Vergleich zu einer erheblichen Kostenersparnis führt [66], sofern diese nicht durch Komplikationen, Heilungsverzögerung und langwierige Behandlungen wieder aufgebraucht bzw. übertroffen wird

Im Folgenden sind die teilweise noch gebräuchlichen Behandlungsverfahren dargestellt.

- **Extensionsbehandlung nach Steinmann (1907)**

Über einen in den distalen Humerus eingebrachten Nagel erfolgt die Extension der Oberarmschaftfraktur. Diese Behandlungsmethode wurde weitgehend verlassen.

- **Desault'scher Verband**

Bei der Ausbehandlung der Humerusschaftfraktur über 6 bis 12 Wochen im Desault'schen Verband entstehen erhebliche Probleme hinsichtlich der Weichteilverhältnisse. Die lange Ruhigstellung führt zu einer Schrumpfung der Schultergelenkkapsel und damit zu einer Adduktionskontraktur, was zu einer langdauernden Übungstherapie führt. Häufig verbleibt eine Funktionsminderung des Schultergelenkes [73]. Oftmals ist die Anlage des Verbandes, besonders bei adipösen Patienten schwierig und insuffizient. Ein weiterer Nachteil ist die Einschränkung der Atemexkursion und das besonders bei bettlägerigen Patienten [73]. Insgesamt sah L. Böhler bei der Aufarbeitung von 1019 geschlossenen Oberarmschaftbrüchen allerdings nur 4 Pseudarthrosen, keine Infektion und keine Radialisparese [7].

- **Thoraxabduktionsgips**

Der Thoraxabduktionsgips mindert durch seine Abduktionsstellung die Gefahr einer Adduktionskontraktur, jedoch bedeutet er infolge der Länge seiner erforderlichen Anwendung

eine deutliche Reduktion des Patientenkomforts. Er sollte in jedem Fall im etwa dreiwöchigen Wechsel mit dem Desault'schen Verband eingesetzt werden.

- **Frühfunktionelle Behandlung nach Sarmiento**

Die funktionelle Therapie nach Sarmiento setzt eine gute Compliance des Patienten voraus. Es sind zwei Behandlungsphasen zu unterscheiden [73]:

A: Immobilisation über 8-10 Tage, üblicher Weise heute in einem verstärkten (Soft Cast, Stärkebinden) Desault'schen Verband

B: Anlage einer angepassten Kunststoffoberarmmanschette (Brace) für 6 oder mehr Wochen bzw. bis zur stabilen Heilung

- **Hanging Cast**

Diese Form der indirekten Extensionsbehandlung erfordert ebenfalls eine längere Zeit der teilweisen Ruhigstellung und bedeutet somit den potentiellen Verlust der Gebrauchsfähigkeit des Schultergelenkes. Der Hanging Cast birgt die Gefahr der Überextention und damit der verzögerten knöchernen Konsolidierung bis hin zur Pseudarthrosenbildung [67].

2.5.2 Konservativ-Funktionelles Behandlungsregime im eigenen Patientengut

In unserer Klinik erfolgt nach der klinischen Untersuchung und einer Grobreposition bei starker Dislokation die primäre Röntgendiagnostik durch Aufnahmen in 2 bis 3 Ebenen beider Gelenke. Nach Bildanalyse wird ein Repositionsversuch unter Opioidgaben oder in kurzer Allgemeinnarkose durchgeführt. In aller Regel gelingt die Reposition mit herabhängender, im Ellenbogengelenk gebeugter Extremität im Sitzen gut, wenn nicht erfolgt ein weiterer Versuch. Achsabweichungen kleiner als 20° sowie minimale Rotationsfehler und ad latus Verschiebungen bis zu Schaftbreite werden toleriert. Auf die von Böhler geforderte Beseitigung der pseudarthrosefördernden Distraction der Fragmente wird besonders geachtet, es wird je nach Frakturtyp, Fragmentkontakt und wenn möglich eine Verkürzung von 0,1 – 1 cm angestrebt. Lässt sich eine Reposition nicht erzielen, wird dem Patienten die operative Therapie vorgeschlagen.

Nach gelungener Reposition erfolgt die primäre Ruhigstellung durch einen mit Softcast verstärkten Desaultverband. Der Patient ohne Begleitverletzungen wird nach nochmaliger Kontrolle der N.-radialis-Funktion und der Durchblutung in die ambulante Weiterbehandlung entlassen .

Röntgenaufnahmen zur Stellungskontrolle werden nach Anlage des Verbandes, am ersten Tag danach sowie nach weiteren 3 Tagen und danach bis zur 3. Woche wöchentlich angefertigt. Nach Rückbildung der anfänglichen Weichteilschwellung kann eine erneute Anlage des softcastverstärkten Desaultverbandes erforderlich werden. Nach radiologischer Darstellung erster kallöser Strukturen nach circa 14-21 Tagen wird der Verband erneut abgenommen und je nach klinischer Stabilität (Böhler-Probe) und Beschwerdesymptomatik des Patienten ein konfektionierter

Oberarmbrace angelegt. Der Brace ist durch Klettverschlüsse vom Patienten selbst verstellbar. Es wird mit einer krankengymnastischen Übungstherapie begonnen. Zunächst werden Pendelbewegungen sowie durch den Krankengymnasten geführte aktive und passive Übungen durchgeführt, die anfangs Rotationsbewegungen vermeiden sollen. Zunehmend werden alle Ebenen schmerzorientiert zur Übungstherapie freigegeben. Je nach radiologischer und klinischer Stabilität tragen die Patienten den Oberarmbrace 4-6 Wochen allerdings kann bei zögerlicher Kallusbildung auch eine Bracebehandlung bis zu 10 Wochen erforderlich sein. Ist bis dahin die Stabilität nicht erreicht, droht die verzögerte oder ausbleibende Heilung. Korrektur oder Wechsel der Therapie müssen dann in Erwägung gezogen werden.

2.6 Die Entwicklung der operativen Therapie

Die operative Therapie entwickelte sich in ihrer Vielfältigkeit erst nach Entdeckung der Röntgenstrahlen 1895 durch Konrad Röntgen, die Einführung der Asepsis und die Entwicklung der Anästhesieverfahren. Der Belgier Albin Lambotte wies gleichzeitig auf die Notwendigkeit der sorgfältigen präoperativen Planung, den überaus vorsichtigen Umgang mit dem Weichteilgewebe zur Reduktion zusätzlicher Traumatisierung der Gefäßversorgung des Knochens hin [82].

Die reine intramedulläre Schienung mit einem Marknagel im Sinne Küntschers erwies sich am Humerus als problematisch.

Als operatives Verfahren der Wahl bei der Versorgung der Humerusschaftfraktur galt bis vor wenigen Jahren bei gegebener Operations-Indikation die Plattenosteosynthese, in der Regel mit der breiten 4,5 DC- oder LCDC-Platte. Das galt auch für unsere Klinik.

Die Entwicklung eines Verriegelungsnagels für den Humerus brachte eine Reihe von Vorteilen und führte schließlich dazu, dass die Plattenosteosynthese allmählich an Bedeutung verlor und die operative Versorgung der Humerusschaftfrakturen derzeit immer häufiger zur Anwendung kommt.

2.6.1 Intramedulläre Operationsverfahren am Humerusschaft

Ende der 30iger, Anfang der 40iger Jahre griff Gerhardt Küntscher (1900-1972) den Gedanken der operativen Frakturversorgung wieder auf und entwickelte das Prinzip der intramedullären Schienung (Marknagelung). 1947 begann er den Markraum des Humerus aufzubohren, um Nägel mit größeren Querschnitten einbringen zu können und damit eine höhere Stabilität zu erzielen. Selbst Böhler als Gegner der operativen Therapie am Humerusschaft, beurteilte diesen entwickelten Nagel vorübergehend positiv [5]. Bis in jüngste Zeit erschien es bedenklich, auf die Aufbohrung der Markhöhle bei der Marknagelung zu verzichten, da bei der unaufgebohrten

Nagelung mit relativ dicken Hohnägeln Komplikationen wie Festlaufen des Nagels oder Sprengung des sich nach distal verjüngenden Knochenrohres auftreten können [84].

Der damals verwendete aufgebohrte und mit dem Hammer antegrad einzuschlagende Küntscher-Nagel hatte den Nachteil, dass in bis zu 10% intraoperativ Radialisschäden auftraten. Ebenso fand sich bei Frakturen, die nicht in Schaftmitte sondern proximal oder distal davon lagen, eine ungenügende Rotationsstabilität. Das erklärt sich aus der besonderen Anatomie des Humerusschaftes (siehe oben).

Die flexible intramedulläre Stabilisierung nach den Gebrüdern Rush fand ihre Einführung im Jahre 1939. Das Prinzip war eine elastische 3-Punkte-Abstützung mindestens zweier Pins im Humerusschaft, an der proximalen und distalen Cortikalis und in Schaftmitte, wobei die Nägel vor dem Einbringen mechanisch vorgespannt wurden, so dass sie eine konvexe Form erhielten.

Da die Fixierungsform nicht übungstabil war, musste eine zusätzliche Ruhigstellung erfolgen [43]. Insgesamt fand der Nagel keine große Verbreitung.

Die von Hackethal inaugurierte Bündelnagelung erreichte nach dem Prinzip der elastischen Verklemmung eine reproduzierbare Stabilität durch zahlreiche, dünne intramedulläre Kraftträger [42]. Bei der Hackethaltechnik wird die elastische Verklemmung mit der von Küntscher geforderten weitgehenden Ausfüllung des Markraumes kombiniert [54]. Bei exakter Operationstechnik können mit dieser Methode gute Ergebnisse erzielt werden [1,11,43].

Titanpins nach Prevot sind elastisch und werden in der überwiegenden Mehrheit zweifach gegeneinander verspannt angewandt. Sie lassen im Prinzip das Konzept der Gebrüder Rush wieder aufleben. Die Insertion erfolgt je nach Frakturtyp und Frakturhöhe an der oberen Begrenzung der Fossa olecrani oder durch die Humeruskondylen erfolgen. Sie werden bevorzugt und mit gutem Erfolg im Kindesalter eingesetzt.

Der Humerusnagel nach Seidel war der erste Nagel, der in einer multizentrischen Studie angewandt und nachuntersucht wurde. Dieser Nagel ist ein rigides Implantat, welches nach aufbohren der Markhöhle absteigend vom Oberarmkopf implantiert und distal durch einen Spreizmechanismus in der Markhöhle verklemmt wird. Bei der Implantation ist eine Inzision der Rotatorenmanschette nötig, die anschließend wieder verschlossen werden muss. Eine Nagelentfernung ist bei diesen antegrad eingebrachten Nägeln nur bei persistierender Beschwerdesymptomatik vorgesehen, da die erneute iatrogene Verletzung der Rotatorenmanschette zu vermeiden ist [3,12]. Häufig beschrieben werden technische Schwierigkeiten bei der Verriegelung des Nagels mit nachfolgenden Nagelwanderungen. Ebenso werden iatrogene Frakturen und Beeinträchtigungen der Schulterfunktion beschrieben [12,54]. Die Rotationsstabilität scheint in einigen Fällen durch das Aufspreizen der 3 Lamellen des distalen Nagelendes nicht hinreichend gewährleistet zu sein [107]. Hier hat die Frakturlokalisation eine entscheidende Bedeutung: Je proximaler die Fraktur, desto

einfacher und exakter gelingt es, eine hohe Rotationsstabilität mit diesem Verriegelungssystem zu erzielen [107].

Gegner der Markraumtechnik sehen den Seidelnagel als ein zu gewaltiges Implantat an und bezeichnen als nachteilig, dass dieser Nagel ausschließlich antegrad angewendet werden kann und somit iatrogen eine Läsion der Rotatorenmanschette gesetzt werden muss [80].

Der ausschließlich retrograd einzubringende Marchetti-Vincenzi-Nagel ist ein elastisches Implantat bestehend aus 4-5 Pins, die nach passieren der Frakturzone gelöst werden und sich nun divergierend im Humeruskopf verankern. Eine distale Verriegelung ist durch Bolzen möglich.

Der Russel-Taylor- Nagel ist an beiden Enden leicht gebogen. Zwei Verriegelungsbolzen sollen für die Rotationsstabilität sorgen [12]. Er kann antegrad und retrograd implantiert werden. Von der oberen Begrenzung der Fossa olecrani wird er in einem schräg ansteigenden Kanal eingebracht [80]. Die Verriegelung proximal und distal der Fraktur im metaphysären Knochen mit nur je einer Verriegelungsschraube bedingt, dass die Fragmente um die Verriegelungsschraube kippen können und nur eine bedingte Rotationsstabilität erreicht wird [43].

In den 90iger Jahren entwickelte die AO ein neues Implantat, den unaufgebohrten Humerusnagel (UHN). Seine Implantation ist sowohl ante- als auch retrograd möglich. Prinzipiell bestehen die Optionen der Dreifachverriegelung an der Nagelspitze in Freihandtechnik, eine statische und dynamische Verriegelungsmöglichkeit und über einen Zielbügel auf der Seite des Implantationsinstrumentariums sowie der axialen Druckerzeugung mit Hilfe eines speziellen Kompressionsaufsatzes. Dank der unaufgebohrten Nagelung findet eine verstärkte Kallusbildung infolge der nur relativen Stabilität statt. Der wesentlichste Vorteil ist der Kompressionsaufsatz der gerade am statisch nicht belasteten Humerus intraoperativ eine kontrollierte Adaptation bzw. Kompression der Fragmente erlaubt.

2.6.2 Die UHN-Implantation und das perioperative Handling

In unserer Klinik wird die retrograde Implantation gegenüber der antegraden bevorzugt bei entsprechender Indikation angewendet. Es stellt das häufigere Verfahren dar und soll nachfolgend ausführlicher beschrieben werden.

2.6.2.1 Die retrograde Implantation des UHN

Wenn die Lokalisation der Fraktur und die Narkosefähigkeit des Patienten in Bauchlage es zulassen so ist die retrograde Insertion des UHN in Bauchlage zu bevorzugen. Ist infolge eines eingeschränkten Allgemeinzustandes die Positionierung in Bauchlage nicht möglich, stellen die Seitenlagerung und die Rückenlage gangbare Alternativen dar.

Die betroffene Körperseite wird maximal weit an den Tischrand gelagert, so dass auch eine Röntgendarstellung des betroffenen Oberarms in horizontaler Abbildungsrichtung vollständig gelingt. Der betroffene Arm wird auf einem röntgendurchlässigen Armtisch so ausgelagert, dass der Unterarm im Ellenbogengelenk gebeugt frei herabhängt. Die Beugung des Ellenbogengelenkes muss bis 120° möglich sein. Der Bildverstärker wird parallel zum Patienten am Kopfende so platziert, dass der C-Bogen unter dem Armtisch durchgeschwenkt werden kann.

Der herabhängende Arm stellt in der Regel die Rotationsachse selbstständig ein [103].

Die ungefähre Nagellänge kann präoperativ abgeschätzt werden. Man misst die Länge des unverletzten Humerus vom Humeruskopf bis zur Fossa olecrani und zieht von diesem Wert 5-6 cm ab [103]. Die korrekte Länge der frakturierten Extremität kann nur intraoperativ nach Reposition bestimmt werden. Zu diesem Zweck wird in ap-Richtung mit dem Bildverstärker der distale Humerus dargestellt und die Messlehre so aufgelegt, dass die symbolisierten Verriegelungslöcher am distalen Humerus liegen. Nun wird der Bildverstärker nach proximal geschwenkt und an der Zahlenskala der Messlehre die Nagellänge abgelesen, so dass das Nagelende nur wenig in den Humeruskopf hineinragt. Abschließend wird ebenfalls im ap-Strahlengang an den vorgegebenen Markierungen auf der Messlehre der kleinste Durchmesser des Markraumes und damit die mögliche Dicke des Nagels bestimmt.

Bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogengelenk erfolgt eine Längsinzision vom Olecranon bis kurz oberhalb der gedachten Fossa olecrani. Nun wird die Trizepssehne unter Ausnutzung der gesamten Wunde ebenfalls längs gespalten. Am Oberrand der Fossa olecrani sollte begonnen werden, ein nach distal ovaläres (1 x 2 cm) Knochenfenster zu schaffen. Anfangs wird mit kleinen Bohrern gearbeitet später erfolgt die Formung des Kanals mit der Fräse schräg nach proximal auf den Markraum zu. Weiterhin wird mit der Fräse markraumseitig an der dorsalen Kortikalis eine Furche gefräst die möglichst weit in den Markraum aufsteigt. Diese Furche erleichtert das Einbringen des leicht gebogenen Nagels durch Reduktion von Hebelkräften. Nachdem der Eintrittskanal des Nagels geschaffen wurde, wird das Implantat mit dem Kompressionszusatz und schließlich mit dem Zielbügel verbunden. Der Scheitelpunkt der Biegung des Nagels muss vom Zielbügel wegweisen. Nun wird der zuvor ausgewählte Nagel unter leichten Drehbewegungen manuell in den Markraum eingebracht. Bei erschwertem Einbringen ist die Lage des Nagels zu prüfen und gegebenenfalls mit dem Handmarkraumborner eine entsprechende Markraumerweiterung vorzunehmen, sofern keine dünnere Nagelvariante vorhanden ist. Brachiales Einschlagen des Nagels provoziert iatrogene Dislokationen und evtl. zusätzliche Frakturen. Die Nagelspitze sollte nur kurzstreckig in den Humeruskopf vorgetrieben werden, da dann die Option einer lateromedialen Verriegelung distal der Rotatorenmanschette bleibt.

Nach dem Platzieren des Nagels und Kontrolle mit dem Bildverstärker kann mit dem Verriegeln begonnen werden, was mit dem röntgendurchlässigen Winkelgetriebe in Freihandtechnik proximal

beginnt. Nach dem Einbringen der 3 proximal möglichen Verriegelungsbolzen sollte vor der distalen Verriegelung noch einmal der Frakturspalt radiologisch dargestellt werden. Um eine Frakturdiastase zu verhindern sollte der Frakturspalt möglichst geschlossen werden. Das geschieht am sichersten unter Verwendung des Kompressionsaufsatzes. Durch kontrolliertes Drehen der Spannungsschraube schiebt sich das distale Fragment entlang dem Nagel in Richtung Humeruskopf. Voraussetzung ist das vorherige Einbringen eines Verriegelungsbolzens in das distale schlitzförmige „dynamische“ Loch. Alternativ schlägt man mit dem Handballen leicht auf das im Ellenbogengelenk abgewinkelte Olecranon in Richtung Humeruskopf. Distal wird unter Zuhilfenahme des Zielbügels verriegelt. Nach Abschluss der Kompression erfolgt die statische Verriegelung. Es verbleibt die passende Verschlusskappe auszuwählen und einzubringen und den Operationszugang schichtweise über einer Redondrainage zu verschließen.

2.6.2.2 Die antegrade Implantation des UHN

Der Patient wird in Rückenlage mit 30° angehobenen Oberkörper („beach chair position“) gelagert. Die Schulter wird gut unterpolstert. Der Kopf des Patienten wird zur Gegenseite gedreht um einen ausreichenden Zugang zur Schulter der betroffenen Seite zu erhalten. Der Arm wird frei beweglich gelagert und steril abgedeckt. Die Auswahl des UHN erfolgt entsprechend der retrograden Technik. Die Nagelspitze soll hierbei etwa 20 mm von der Obergrenze der Fossa olecrani zu liegen kommen. Der Nagelinsertionspunkt muss sich in einer Linie mit dem Markkanal befinden und liegt normalerweise am Rand der Gelenkfläche medial des Tuberculum majus. Nach gerader Inzision über dem Acromion und dem Tuberkulum majus wird der M. deltoideus in Längsrichtung gespalten und die Sehne des M. supraspinatus identifiziert ohne sie abzulösen und großflächig freizulegen. Der mittlere Teil wird in Längsrichtung gespalten. Der Arm wird bei diesen Arbeitsschritten über den Brustkorb adduziert um einen besseren Zugang zum Oberarm zu erhalten. Der in den durchbohrten Pfriem eingebrachte Kirschnerdraht wird am Insertionspunkt eingebracht und der Pfriem unter leichten Rotationsbewegungen in den Knochen vorgetrieben. BV-Kontrollen dokumentieren den richtigen Verlauf. Nun kann das ausgewählte Implantat mit Kompressionsaufsatz und Zielbügel konnektiert werden. Nach einführen des Nagels und Reposition der Fraktur über demselben wird unter entgegengerichtetem Druck gegen das Olecranon der Nagel weiter vorangetrieben. Sollte ein erschwertes Vorantreiben des Nagels zu verspüren sein, muss mit dem Handbohrer der Markraum aufgeweitet werden. Abschließend erfolgt die 2-3fache distale Verriegelung, die axiale Kompression und letztlich die proximale Verriegelung. Der UHN ist einschließlich der zuletzt aufzubringenden Verschlusschraube vollständig im Humeruskopf zu versenken, eine Irritation der Rotatorenmanschette wäre sonst die zu erwartende Folge. Abschließend erfolgt die radiologische Kontrolle der Fraktur und Nagellage.

2.6.2.3 Die Nachbehandlung nach UHN-Implantation

Nach der Implantation des UHN liegt das Hauptaugenmerk auf der frühfunktionellen Nachbehandlung. Es sind ab dem ersten postoperativen Tag passive Übungen des Schultergelenkes auf der Motorschiene sowie Pendelübungen und geführte Bewegungen des Schulter und Ellenbogengelenkes bei Freigabe der Hand- und Handgelenkfunktion möglich. Aktive Übungen, wie Bizeps- und Trizepsübungen oder Wandabstützübungen werden ab der 2. postoperativen Woche begonnen. Die aktive Rotation im Schultergelenk wird erst nach der dritten Woche freigegeben, sollte jedoch bis zur knöchernen Konsolidierung nicht gegen Widerstand erfolgen.

2.6.3 Die Entwicklung der Plattenosteosynthese am Humerusschaft

Zu Beginn der 50er Jahre hatte Robert Danis (1880-1962) seine Kompressionsplatte präsentiert [82] und beschrieben, dass Frakturheilung mit Kompressionsplatten ohne radiologisch sichtbaren Kallus abläuft [19,82]. Als Vorteile der Plattenosteosynthese wurden die Wiederherstellung der Anatomie, die stabile Retention mit sofortiger funktioneller Nachbehandlung, die Möglichkeit der Nervus-radialis-Exploration, die Verbesserung der Intensivpflege bei Schwerverletzten, die kürzere Arbeitsunfähigkeitsdauer und die Möglichkeit der Spongiosaplastik erachtet [42,47,54,80,92,]. Es kam zur Weiterentwicklung dieses Verfahrens maßgeblich durch die AO. Nachteile der Plattenosteosynthese sind der ausgedehnte iatrogen zu setzende Weichteilschaden mit kosmetisch störender Narbenbildung und nicht zu vernachlässigendem Risiko einer Wundinfektionen. Die Notwendigkeit der Exposition des N. radialis mit potentiell möglicher iatrogener Schädigung bei der Primärversorgung und bei einer eventuellen Metallentfernung stellt am Humerus einen spezifisches Risiko und möglicher Nachteil der Methode dar. Weitere Probleme und Komplikationen der Plattenosteosynthese sind die Störung der Frakturbiologie durch Ablassen des Frakturhämatoms, die lokale Minderperfusion am Periost bis hin zur vollständigen Devastierung von Fragmenten [42,43,54,65,80,81,92]. Diese Faktoren begünstigen Infektentstehung und Pseudarthrosenbildung. Immer wieder werden in der Literatur auch Plattenausrisse und Plattenbrüche beschrieben, im Patientengut des Department of Surgery in Davos traten diese in 3,9% der Patienten auf.

Die operative Versorgung setzte sich am Humerusschaft trotz der Vielzahl der Verfahrensmöglichkeiten lange Zeit allgemein nicht durch. Die Plattenosteosynthese war für lange Zeit die Methode der Wahl, wenn eine operative Versorgung überhaupt in Betracht gezogen wurde. Wenn die Plattenosteosynthese als Behandlungsverfahren eingesetzt wird, verwendet man heute die breite 4,5-DC oder LCDC-Platte. Gefordert ist, in jedem Hauptfragment 8 Kortikales zu fassen, bei geeigneten Frakturtypen, wie zum Beispiel einfachen Schrägfrakturen wird das Einbringen von

Zugschrauben zur Erzeugung von Kompressionskräften nach wie vor praktiziert. „Elastische Plattenosteosynthesen“ bei mehrfragmentären Frakturen und Trümmerbrüchen sind in Erwägung zu ziehen, kommen aber eher selten zur Anwendung.

Für die meisten Brüche der distalen 2/3 des Humerusschaftes stellt auch für uns der von Henry (1966) beschriebene dorsale Weg den schonendsten und zugleich sichersten Zugang dar [65]. Für proximale Schaftbrüche wird der Zugang zum Humeruskopf von vorne, der beliebig nach distal-lateral verlängert werden kann [65] verwendet. Im mittleren Drittel wird über einen lateralen Operationszugang zum Humerusschaft zugegangen. Für die Plattenosteosynthese eignen sich die einfachen Bruchformen vom Typ A und Typ B. Bei den C-Frakturen muss geprüft werden, ob die operationsbedingte langstreckige Weichteilablösung Heilungsstörungen verursachen und den zu erwartenden funktionellen Gewinn beeinträchtigen kann [47].

2.6.4 Die Anwendung des Fixateur externe am Humerusschaft

Die Akzeptanz der Patienten gegenüber dem Fixateur als Stabilisierungsverfahren ist gering [43,80,81]. Die Pins perforieren die Muskelbäuche und neigen selbst bei sachgerechter Pflege zu Weichteil- und seltener auch zu Knocheninfektionen und bei unsachgemäßer Implantation zur Bildung von Ringsequestern. Indikationen sind bei schwerer Weichteiltraumatisierung, höhergradig offenen Frakturen [80] des Oberarmschaftes, zur Erstversorgung bei polytraumatisierten Patienten und manchmal im Kindesalter zu sehen. Auch bei septischen Pseudarthrosen des Oberarmschaftes findet er Anwendung [43]. Nur wenige Autoren benutzen dieses Verfahren als Methode der Wahl in der Frakturbehandlung [39].

Der Fixateur externe hat seine Berechtigung also in besonderen Situationen und als temporärer Stabilisator. In der Regel wird frühestmöglich ein Verfahrenswechsel angestrebt. Prinzipiell sollten initiale Reposition und Stabilisierung im Fixateur so ausgeführt werden, dass im Zweifel der Bruch damit ausbehandelt werden kann, wenn der Allgemeinzustand eine erneute operative Intervention nicht zulässt.

2.7 Operationsindikationen und Kontraindikationen bei der Oberarmschaftfraktur

Der Einsatz der operativen Behandlungsverfahren bei der Versorgung von Humerusschaftfrakturen zielt auf den frühestmöglichen sofortigen Beginn der krankengymnastischen Übungstherapie und damit der Vermeidung von funktionellen Defiziten der angrenzenden Gelenke hin.

Gestiegene Anforderungen von Patient und Arzt an den Komfort während der Behandlung, d.h. eine verbandfreie, uneingeschränkt frühfunktionelle Behandlung und andererseits die Notwendigkeit häufigerer Röntgenkontrollen im Laufe einer konservativen Therapie, das nicht

seltene Abrutschen vor allem von kurzen Schräg- und Querfrakturen mit folgender Nachreposition und schließlich die nicht zu vernachlässigende Gefahr der Pseudarthrosenbildung lassen bei deutlich gemindertem Risiko der modernen operativen Therapieverfahren auch bei relativen Indikationen eine operative Behandlung immer mehr ins Blickfeld rücken [71,92,110].

Der „aufgeklärte Patient“ vertraut heute auf die operativ-technischen Möglichkeiten der modernen Unfallchirurgie und fordert vielfach eine operative Behandlung mit möglichst rascher Rehabilitation, um seine beruflichen und privaten Aktivitäten schnellstmöglich wieder aufnehmen zu können.

Oberarmchaftfrakturen werden derzeit nach absoluten oder relativen Indikationen operativ versorgt (Tabelle II).

Tabelle II: Operationsindikationen zur Versorgung von Frakturen am Humerusschaft

Absolute Operationsindikationen:	Relative Operationsindikationen:
II° und III° offene Frakturen	instabile Quer- oder kurze Schrägfrakturen
Frakturen mit Gefäßläsion	Frakturen bei schwerer Systemerkrankung
Humerusschaftfrakturen beiderseits	Adipositas magna/per magna
Kettenfrakturen einer oberen Extremität	eingeschränkte Compliance des Patienten
polytraumatisierte Patienten	Patientenwunsch/persönliche Umstände
pathologische Frakturen	begleitendes Schädel-Hirn-Trauma
Pseudarthrosen	primäre Radialisparesen
Frakturdehiszenz mit Weichteilinterposition	
Defektfrakturen	
Sekundäre Radialisparesen	

Vielfältige verschiedene Darstellungen über die Operationsindikationen lassen sich in der Literatur finden. Kontraindikationen der operativen Therapie von Oberarmchaftfrakturen sind jedoch kaum publiziert. Nast-Kolb et al. äußerten sich zu dieser Thematik im Jahre 1985 [69] und fassten zusammen wie in Tabelle III dargestellt.

Tabelle III: Kontraindikationen zur Operation, Nast-Kolb et al. [69]

- | | |
|-------------------------------------|--|
| - Allgemeine Risiken | - Zweifler nach eingehender Aufklärung |
| - Lokale entzündliche Veränderungen | - Uralte Pseudarthrosen |
| - Alkoholiker | - Patienten, welche die Aufklärung nicht verstehen |

Nach der Überzeugung von Nast-Kolb et al. [69] sowie anderen Arbeitsgruppen [73] stellen besonders Alkoholiker eine Kontraindikation für die operative Versorgung, allerdings bezogen auf die Plattenosteosynthese dar, da bei dieser Patientengruppe infolge des osteoporotischen Knochens und Fehlbelastungen wiederholt Materialausrisse beobachtet werden mussten [69].

2.8 Komplikationen der Humerusschaftfrakturen

Eine breite Palette von Komplikationen in Verbindung mit Humerusschaftfrakturen ist prinzipiell möglich. Infolge der „Gutartigkeit“ [5,7] dieser Frakturen treten diese aber insgesamt nur selten auf.

2.8.1 Die gestörte Frakturheilung am Humerusschaft und ihre Ursachen

Der Ablauf der Frakturheilung ist als gestört anzusehen, wenn die Frakturzone nicht in angemessener Frist durch Knochenneubildung so überbrückt ist, so dass die Funktion der verletzten Gliedmaße als wiederhergestellt betrachtet werden kann. Als angemessener Zeitraum werden 4-6 Monate angesehen [47].

Die Ursachen für eine gestörte knöchernen Heilung am Oberarm sind in Tabelle IV zusammengefasst.

Tabelle IV: Ursachen der gestörten Frakturheilung [47]

- mechanische Störkräfte (Unruhe am Frakturherd, mehrfache Repositionsmanöver, ungenügende Immobilisierung, ungenügende operative Stabilisierung {cave: Operationstechnik})
- devitalisierte Knochenfragmente
- schlechte lokale Vaskularisation (vorbestehend oder unfallbedingt/Weichteilschaden)
- Defektfaktur / Distraction
- lokale Infektion
- Medikamente (Kortison, Dikumarole, Heparin bzw. Liquemin, Zytostatika, u.a.)

2.8.2 Die Humerusschaft - Pseudarthrose

Von einer kompletten Falschgelenkbildung oder Pseudarthrose (non union) spricht man, wenn nach 6-8 Monaten noch immer eine komplette Unterbrechung der Knochenkontinuität vorliegt [64]. Pseudarthrosen treten entsprechend den Angaben der Literatur in 0,5-9% aller Oberarmschaftfrakturen auf [17,67,76]. Jede 10. Heilungsstörung betrifft den Oberarm. Damit steht die Oberarmschaftpseudarthrose in ihrer Häufigkeit insgesamt an der 5. Stelle nach Unterschenkel, Schenkelhals, Oberschenkel und Unterarm.

2.8.2.1 Ätiologie und Inzidenz der Pseudarthrosen

Die Humerusschaftpseudarthrose kann infolge einer traumatischen oder spontanen Kontinuitätstrennung auftreten [47].

Als allgemeine auslösende Faktoren einer Humerusschaftpseudarthrose nach konservativer Therapie werden ungenügende Reposition und Ruhigstellung, Weichteilinterposition, fehlerhafte Gipstechnik und zu kurz dauernde Ruhigstellung vermutet [27]. Auch Distraction, wiederholte Repositionsmanöver [54,67], mangelhafte Blutversorgung wie nach offenen Frakturen und Infektionen [9] stellen Ursachen für Pseudarthrosen dar. Bei der Entstehung von Pseudarthrosen nach primärer operativer Therapie werden eine falsche Operationstechnik [27], devastierende, schonungslose Operationstechnik, in den meisten Fällen jedoch eine zu kurz oder zu schmal gewählte Platte verantwortlich gemacht [27], ebenso disponieren nicht ausreichend oder fehlerhaft verriegelte Marknägel und Rush pins zur Pseudarthrosenbildung [54].

In der Literaturübersicht in Tabelle V wurden von der Arbeitsgruppe Schweiberer et al. [67] die ursächliche Primärbehandlung bei 284 aufgetretenen Pseudarthrosen in den Jahren 1982 – 1989 dokumentiert.

Tabelle V: Ursächliche Primärbehandlung bei Humerusschaftpseudarthrose

	Fallzahl (n)	Konservative Primärtherapie	Operative Primärtherapie
Abdel Fattah, 1982	25	18	7
Hermichen, 1982	121	46	75
Mentzel, 1982	27	13	14
Esterhai, 1986	46	39	7
Giebel, 1986	40	17	23
Barquet, 1989	25	21	4
Gesamt	284	154	138

Aus diesen Zahlen wurde geschlossen, dass eine ausbleibende knöchernen Überbrückung keineswegs überwiegend einer konservativen Vorbehandlung anzulasten ist, sondern dass dieser nur geringgradig weniger häufig eine operative Primärtherapie vorangegangen war.

Weitere prädisponierende Faktoren für eine Pseudarthrosenbildung wurden von Foulk et al. [25] erarbeitet. Bei einem Patientenkollektiv von 107 Patienten fanden sich auffällige Korrelationen zwischen chronischem Alkoholkonsum sowie Adipositas und ausbleibender Frakturheilung.

Allgemein unterscheidet man nach Weber und Cech (1973) ätiopathogenetisch zwei Gruppen von Pseudarthrosen voneinander, die mechanisch induzierte, biologisch reaktionsfähige Pseudarthrose und die trophisch bedingte, biologisch reaktionsunfähige bzw. avitale Pseudarthrose [47].

2.8.2.2 Therapie der Humerusschaftpseudarthrose

Frakturheilungsstörungen sind nach Giebel et al. zu einem großen Teil vermeidbare Behandlungsfolgen [93]. Die Behandlung der manifesten Humerusschaftpseudarthrose kann schwierig sein. Es drohen Komplikationen in größerer Häufigkeit, und es machen sich mehrfache chirurgische Revisionen nötig. Trotz Ausschöpfung aller chirurgischer Möglichkeiten, scheinen einige Pseudarthrosen jedweder Therapie gegenüber resistent zu sein und bleiben als solche bestehen [53].

Die Indikation zur operativen Behandlung der Pseudarthrosen stellt sich bei klinischer Beschwerdesymptomatik wie belastungsabhängige Schmerzhaftigkeit, Anschwellung lokale Rötung, Überwärmung, Kraftverlust und vor allem bei grober Instabilität [9]. Es wird empfohlen nicht bis zur Ausbildung einer definierten Pseudarthrose abzuwarten, sondern bei vorliegender Instabilität mit klinischer Beschwerdesymptomatik sowie verminderter knöcherner Kallusbildung nach 6-12 Wochen operativ einzugreifen spätestens jedoch bei „verzögerter Heilung“.

Die Aufgaben der Pseudarthrosenbehandlung sind die Beseitigung der Fehlstellung sowie von Interpositionen und das Wiederherstellen des Alignements bei operativer Erzielung einer stabilen Osteosynthese, was als oberstes Ziel anzusehen ist [9,65]. Zudem wird die Mobilisierung der benachbarten Gelenke bei gegebener Einsteifung empfohlen, da sonst übergroße Hebelwirkungen und Belastungen auf die Osteosynthese wirken [9].

Die Behandlungstaktik der atrophen und hypertrophen Pseudarthrose unterscheidet sich. Bei den atrophen Formen kommt nur eine, zumeist komplexe operative Therapie in Betracht. Konservative Maßnahmen sind nur bei den vitalen Pseudarthrosen überhaupt in Betracht zu ziehen [9]. Beim Humerus ist mit Rücksicht auf funktionelle Aspekte jedoch auch hier die operative Therapie in Form einer sicheren internen Stabilisierung vorzuziehen

2.8.2.3 Konservative Therapieansätze der Humerusschaftpseudarthrose

Die konservative Behandlung hypertropher Pseudarthrosen umfasst Maßnahmen wie verbesserte Ruhigstellung, Elektrotherapie oder Stoßwellentherapie.

In zahlreichen Studien wird darauf verwiesen, dass elektrische Stimulation die knöchernen Durchbauung fördert [113]. Diese Feststellung trifft für die vollständig implantierten Geräte nach Dwyer und Wickham, sowie für die semi-invasiven Systeme nach Brighton und die nicht-invasiven pulsierenden elektromagnetischen Felder zu. Es werden Erfolgsraten zwischen 73% und 85% beschrieben. Allerdings werden limitierende Faktoren benannt, welche vor der Anwendung einer elektrischen Stimulation bei einer Pseudarthrose erfüllt sein sollten:

- (1) Die knöchernen Fragmente müssen in einem ausreichend stabilen Alignment stehen
- (2) Die Fragmente müssen vital sein
- (3) Es sollte ein ausreichender Knochenkontakt bestehen
- (4) Es setzt das Vorliegen ausreichenden osteogenetischen Materials voraus
- (5) Es muss eine ausreichende Weichteilummantelung vorliegen [113].

Wenn eines dieser Kriterien nicht erfüllt ist, sollte zunächst eine chirurgische Korrektur vorgenommen werden.

2.8.2.4 Operative Therapieansätze der Humerusschaftpseudarthrose

Nach Empfehlung der Arbeitsgruppe Raschke et al. ist die Plattenosteosynthese mit zusätzlicher Spongiosatransplantation die Therapie der Wahl bei einer Humerusschaftpseudarthrose [76]. Die Arbeitsgruppe Kuner et al. hält eine Spongiosaplastik bei einer hypertrophen Pseudarthrose nicht für sinnvoll [9]. Insgesamt ist die Behandlung der hypertrophen Pseudarthrose, sofern sie nicht durch konservative Maßnahmen zur Ausheilung gebracht werden kann einfacher, da durch eine Plattenosteosynthese auf der Zugseite einmal ein Realignment der Achsen und zum anderen die Zugkräfte der Muskulatur neutralisiert werden und schließlich die Pseudarthrose ausheilt [9]. Bei den atrophischen Pseudarthrosen ist zunächst die Provokation einer knöchernen Reaktion Behandlungsziel. Operativ sollten die Resektion nicht bzw. schlecht durchbluteter Knochenfragmente sowie eine Dekortikation durchgeführt werden. Der ebenso zugseitig angelegten Plattenosteosynthese sollte eine Spongiosaplastik hinzugefügt werden [9].

Bei der Pseudarthrosenrevision sollte die breite 4,5 LC-DC-Platte verwendet werden, und jeweils 8 Kortikales proximal und distal des Pseudarthrosenspaltes besetzt werden [111], zudem wird das Verwenden des Plattenspanngerätes zur Erzeugung von interfragmentärem Druck empfohlen [66]. Nachteil der plattenosteosynthetischen Pseudarthrosenbehandlung sind das Risiko der Radialisschädigung und die großflächige Weichteilfreilegung. Bei stark osteoporotischem Knochen kann die erwünschte Stabilität nicht in jedem Fall erzielt werden [76]. Bei osteoporotischen Knochen wird daher eine intramedulläre Osteosynthese empfohlen [76]. Auch die Anwendung des Fixateur externe und des Ilizarow-Fixateurs zur Behandlung der Pseudarthrose wird in einzelnen Fällen als erfolgreich beschrieben [14,76].

2.8.3 Verletzungen des Plexus brachialis, des Nervus ulnaris und Nervus medianus

Verletzungen des Plexus brachialis bei der Humerusschaftfraktur werden mit einer Häufigkeit von 2% angegeben [50]. Nach Kuner et al. (1995) haben sie auf die Heilung der Oberarmschaftfraktur einen verzögernden Einfluss [47].

Gelegentlich bis selten werden auch Schädigungen des Nervus ulnaris und Nervus medianus, meist bei distalen Schaftfrakturen beschrieben.

2.8.4 Die Nervus-radialis-Läsion und ihre Behandlungsmöglichkeiten

Der Nervus radialis steht in enger anatomischer Beziehung zum Oberarmschaft. Somit ist er bei Traumatisierung des Oberarmes exponiert und der am häufigsten geschädigte periphere Nerv [47,50]. Uneinheitlich wird in der Literatur über die Qualität der Schädigung des Nerven berichtet, selten findet man Auskünfte ob ausschließlich ein motorischer oder sensibler Schaden oder Kombinationen vorliegen. Die Verletzungshäufigkeit wird mit 5-34% angegeben [11,50,59,68,112]. In der neueren Literatur findet sich damit eine Diskrepanz zu Publikationen aus den 60er und 70er Jahren, wo eine Inzidenz der Läsion des N. radialis von 5-15% angegeben wird. Dabei lässt sich feststellen, dass Arbeitsgruppen mit differenzierter Versorgungsstrategie, dass heißt teilweise operativ und teilweise konservativ, weniger Nervenläsionen (2 – 15%) beklagen als Vergleichsstudien, wo ausschließlich operativ (18 – 27%) behandelt wurde [68]. Die Mehrzahl der primären Radialisläsionen treten bei Frakturen im dritten und vierten Fünftel des Humerusschaftes auf. Die Radialisfunktionsstörung nach operativen Interventionen tritt am häufigsten nach Plattenosteosynthese und nach Plattenentfernung auf. In der Literatur finden sich Angaben zwischen 1,3 und 13% [47]. Hauptproblem beim Freilegen des Nervus radialis ist seine enge Nähe zum Humerusschaft im Übergang vom mittleren zum distalem Drittel und seine geringe Mobilität beim Durchgang durch das Septum intermusculare [81]. In diesem Zusammenhang hat die AO-Sammelstudie [30,66] deutlich gezeigt, dass die Häufigkeit der iatrogen verursachten Radialisparesen von der jeweiligen operativen Fallzahl pro Jahr abhängt.

Bei dem Vorliegen einer N. radialis Läsion muss zwischen der leichtesten Form, der Neurapraxie (Funktionsausfall eines peripheren Nerven ohne morphologisches Substrat) und den schwereren Formen wie Axonotmesis (unvollständig, Nervenhüllenstrukturen noch intakt) und Neurotmesis (vollständige Zertrennung aller Strukturen eines peripheren Nerven) unterschieden werden. Die Differenzierung initial nach Trauma dürfte jedoch nicht möglich sein, da die bestehenden Frakturschmerzen und der muskuläre Stupor höchstens einen Verdacht zulassen [48].

Als Verletzungsmechanismen die zu einer Radialisläsion führen können, werden direkte Gewalteinwirkung, indirekte Gewalteinwirkung durch Einklemmung des Nerven zwischen knöcherne Fragmente und Dehnungsschäden durch Frakturdislokation, –distraction beschrieben.

Bezüglich der Behandlung der primären Radialisparese stehen konservative [7,74] gegen operative [6,70,73] Ansichten. Es überwiegen die Autoren, die den Standpunkt vertreten, dass die primäre Radialisparese eine absolute Indikation zur Freilegung des Nerven darstellt. Als Begründung wird

aufgeführt, dass im Falle einer Durchtrennung, Zerreißung, Einklemmung oder anderweitigen schweren Schädigungen des Nerven die primäre operative Versorgung des Nerven die besten Ergebnisse verspricht [29,31,50,51].

Tscherne [6] führt bei Spiralfrakturen im Übergang vom mittleren zum distalen Drittel mit Dislokation wegen der erhöhten Läsionsgefahr eine Radialisrevision durch. Nach der Auffassung von Kwasny et al. stellt die primäre Radialisparese eine relative und die sekundäre Radialisparese eine absolute Operationsindikation dar [50]. Nast-Kolb et al. sahen in der zusammenfassenden Betrachtung von vier operativ versorgten Patientenkollektiven in 33% aller Radialislähmungen operationspflichtige Nervenbefunde [68]. Diese Arbeitsgruppe kam zu der Ansicht, primäre und sekundäre Radialisparenen operativ zu revidieren. Bei 30% der primären Radialisparenen sahen sie eine Kompromittierung des Nerven. Diese Indikation sollte um so dringlicher gestellt werden, je weiter distal die Fraktur ist. Auch postoperative Radialisparenen sollten frühzeitig revidiert werden. Voraussetzung zur Exploration und Versorgung der Radialisparenen sollte nach Nast-Kolb et al. die Möglichkeit einer mikrochirurgischen Nervenversorgung sein [68].

Ein Umdenken wurde eingeleitet durch die Beobachtungen von Pollock et al. [29], dass bei der operativen Freilegung bis zu 90% leichte Nervenschädigungen, wie zum Beispiel Traktionsschäden und Hämatome, bestehen, die keiner chirurgischen Therapie bedürfen oder zugänglich sind. Damit in Einklang steht die Zahl vollständiger Restitutionen unter konservativer Therapie bei initial abwartender Haltung hinsichtlich der Indikation zur Freilegung des Nerven.

Nach Angaben einiger Autoren, die eine Spontanremission der nervalen Funktionsstörung in 80-90% der Fälle von primären Radialisläsionen beschreiben [15,22,92], ist aus diesem Grund eine primäre operative Nervendarstellung abzulehnen. Eine Nervenrevision wird von L. Böhler, wie auch von Maatz und Möseneder und anderen Autoren bei fehlender Rückbildungstendenz nach 2-3 Monaten empfohlen [29,47].

Sekundäre Radialisläsionen können im Behandlungsverlauf auftreten, sie kommen unter konservativer Therapie mit einer Häufigkeit von 2 – 13% vor. Dabei kommt es zur Einscheidung des Nerven in Kallus oder narbige Strukturen. Kommt es sekundär insbesondere postoperativ zu neurologischen Symptomen, ist die Indikation zur Revision unumstritten [70]. Häufig gestaltet sich die Neurolyse schwierig, da das kompakte Regenerationsgewebe die Identifikation des Nerven erschwert.

2.8.5 Die offene Oberarmschaftfraktur

Der Begriff offene Fraktur beschreibt in Abhängigkeit von verschiedenen Schweregraden einen Kontakt des Knochens mit der Umwelt. Offene Frakturen am Oberarmschaft kommen mit einer Häufigkeit bis zu 6% vor, sind also infolge der kräftigen Weichteildeckung und der geringeren

Energieaufnahme bei Traumen eher selten [46]. Liegen höhergradige offene Frakturen vor, handelt es sich meist um Folgen von Rasanztraumata und demzufolge polytraumatisierte Patienten mit oftmals begleitendem Thoraxtrauma, hier kommt initial bevorzugt der Fixateur externe zur Anwendung. Die definitive Versorgung erfolgt dann in Abhängigkeit vom Allgemeinzustand des Patienten, sowie den lokalen Weichteilverhältnissen um Tage versetzt.

Die Behandlungsziele bei der Behandlung offener Frakturen sind klar definiert: Prävention der Infektion, ungestörte Frakturheilung und Wiederherstellung der Funktion [46]. Die initiale Behandlung umfasst das Debridement, Weichteildeckung und die Frakturstabilisierung. Die Art der primären Osteosynthese hängt von zahlreichen Faktoren wie Art, Ausmaß und Lokalisation des Weichteilschadens sowie Art und Lokalisation der Fraktur ab [46].

In der heutigen Zeit ist die konservative Therapie offener Frakturen höheren Grades nahezu vollständig verlassen. Sie war behaftet mit hohen Raten an Infektionen (15%) und Fehlstellungen (70%) [46].

2.8.6 Die Infektion bei Oberarmschaftfrakturen

Weichteilinfektionen kommen am Oberarmschaft mit einer Inzidenz von 5-10% bei offenen Frakturen vor [47]. Postoperative Infektionen nach Plattenosteosynthesen treten nach Literaturangaben in einer Häufigkeit von 0–5%, nach Nagelosteosynthesen zwischen 0 und 2% auf [73,92]. Osteitiden treten insgesamt selten auf, in der AO-Sammelstudie von 1977 lagen bei 225 operativ versorgten Oberarmschaftfrakturen in 4,4% der Fälle Weichteilinfektionen und 4,9% Osteitiden vor [73].

2.8.7 Gefäßverletzungen bei Oberarmschaftfrakturen

Gefäßverletzungen werden bei traumatischen Oberarmschaftfrakturen äußerst selten beobachtet. Gelegentlich finden sich bei offenen Frakturen Verletzungen der Arteria brachialis. Da ein ausreichender Kollateralkreislauf zwischen der A. circumflexa humeri und der A. profunda brachii nicht zustande kommt, ist eine gefäßchirurgische Rekonstruktion immer notwendig.

3. Die Untersuchung der konservativ und operativ behandelten Patienten mit Humerusschaftfrakturen

Im Zeitraum vom 01.01.1996 bis zum 30.11.1999 wurden an der Universitätsklinik und Poliklinik für Unfallchirurgie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg insgesamt 113 Patienten mit 115 Humerusschaftfrakturen und 7 auswärtig vorbehandelte Humerusschaftpseudarthrosen ermittelt. Es erfolgte die Aufarbeitung der Krankenakten und Röntgenbilder und die Erfassung der ethnographischen Daten. Diese sollen im folgenden dargestellt werden, bevor die dargestellte Methodik der Nachuntersuchung und die Auswertung beschrieben wird.

3.1 Allgemeine Problemstellung

Nach Einführung des unaufgebohrten Humerusnagels zur Behandlung der Humerusschaftfraktur an der Universitätsklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der MLU-Halle-Wittenberg sollten die Behandlungsergebnisse von operativ oder konservativ behandelten Patienten in einem 4-Jahres-Zeitraum ermittelt werden. Am Anfang erfolgte eine Konsultation im medizinisch-statistischen Institut der MLU-Halle. Infolge der ungleichen Patientenverteilung von 92 operativ und 21 konservativ behandelten Patienten war die Auswertung mit einem statistischen Programm nicht für sinnvoll erachtet worden. Zu prüfen waren die Behandlungsergebnisse des UHN im Vergleich zu anderen Behandlungsverfahren sowohl der eigenen Patientengruppe als auch im Literaturvergleich.

3.2 Material und Methode

In diesem Kapitel wird das Patientengut, bestehend zum einen aus den frisch Verunfallten mit Humerusschaftfrakturen und den aufgetretenen Begleitverletzungen und andererseits den auswärts vorbehandelten Patienten mit Pseudarthrosen dargestellt.

3.2.1 Patientenkollektiv

In einem Zeitraum vom 01.01.1996 bis zum 30.11.1999 wurden an der Universitätsklinik und Poliklinik für Unfallchirurgie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg insgesamt 113 Patienten mit 115 Humerusschaftfrakturen und 7 auswärtig vorbehandelte Humerusschaftpseudarthrosen behandelt.

Davon wurden 92 Patienten operativ versorgt. In 2 Fällen lagen beiderseitige Frakturen vor. Bei 21 Patienten kam eine konservative Behandlung zur Anwendung. Die zugewiesenen Pseudarthrosen wurden alle operativ behandelt.

Alle hier besprochenen Verletzungsformen betrafen das 2. bis 5. Sechstel des Humerus, isolierte Verletzungen des proximalen und distalen Sechstels wurden ausgeschlossen. Eine Beteiligung des 1. bzw. 6. Humerussechstels war möglich, wenn das Zentrum der Fraktur im Schaftbereich befand. Die Frakturform wurde nach der AO-Klassifikation erfasst (siehe Kapitel 2.4, S.5).

3.2.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Das Durchschnittsalter aller Patienten betrug 39,8 Jahre. Der jüngste Patient war 15, der älteste 85 Jahre alt. Bei der Geschlechtsverteilung traten mit 63,7% bei Männern (72 Patienten) häufiger Humerusschaftfrakturen auf als bei den Frauen (41 Patientinnen) mit 36,3%. Das Verhältnis Frauen zu Männern betrug 1:1,7 (Abb. 5).

Die Abb. 2 gibt einen Überblick über die Altersgruppen sowie die Geschlechterverteilung. Ein hoher Anteil der Verunfallten, 89 entsprechend 78,7%, war im arbeitsfähigen Alter. In den Altersgruppen bis 60 Lebensjahre überwogen deutlich die männlichen Patienten. Es beträgt z.B. in der Gruppe der 11 – 20jährigen das Verhältnis männlich : weiblich, 2 : 1. Bei den über 60jährigen Patienten überwiegen die weiblichen Verunfallten. So beträgt in der Gruppe der 71 – 80jährigen das Verhältnis männlich : weiblich, 1 : 5.

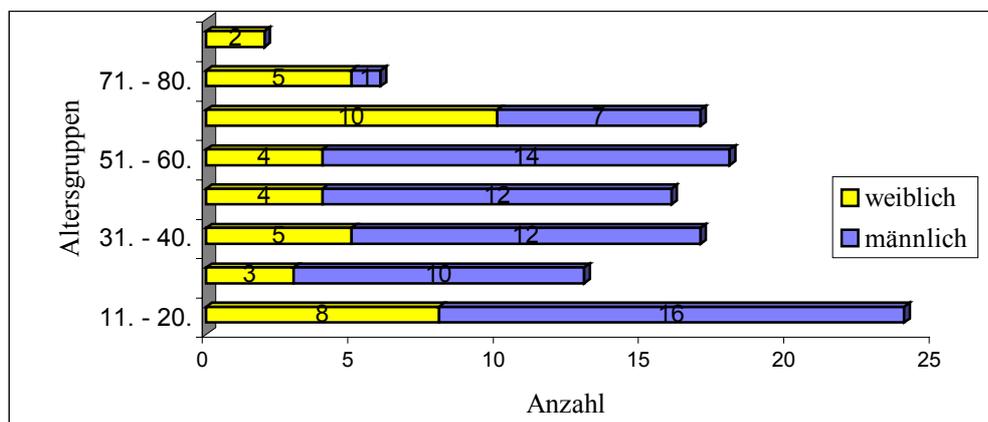


Abb. 2 Altersgruppen- und Geschlechterverteilung des gesamten Patientenkollektivs (n=113)

Die Altersgruppen- und Geschlechterverteilung der konservativ behandelten Patienten wird in Abb.3 ersichtlich. Es zeigt sich eine Verschiebung der konservativen Therapie (21x) in die Altersgruppen der über 50ig jährigen Patienten. Diese wurden doppelt so häufig (14 x) wie die der unter 50ig jährigen Patienten (7 x) auf diese Weise behandelt. Bezüglich der Geschlechterverteilung lassen sich insgesamt 10 konservative Therapieanwendungen bei den

männlichen Patienten dokumentieren, das entspricht bei insgesamt 72 männlichen Patienten, 13,8%. 11 Frauen wurden konservativ behandelt, das entspricht bei insgesamt 41 weiblichen Patienten, 26,8%.

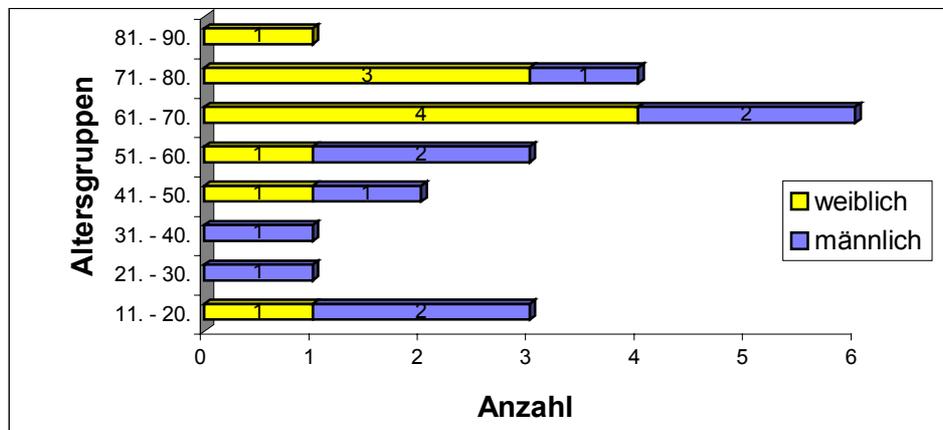


Abb. 3 Altersgruppen- und Geschlechterverteilung in der Gruppe der konservativ behandelten Patienten (n=21)

Die Altersgruppen- und Geschlechterverteilung der operativ behandelten Patienten (92x) ist in Abb. 4 dargestellt. Die operative Therapie überwog bei den unter 50ig jährige Patienten (63 x), gegenüber den über 50ig jährigen Patienten (29 x). Bei den weiblichen Patienten wurden in allen Altersgruppen operative Therapieanwendungen durchgeführt. Bei den männlichen Patienten wurden Patienten über 70 Jahre nicht versorgt, allerdings behandelten wir auch nur einen Patienten diesen Alters.

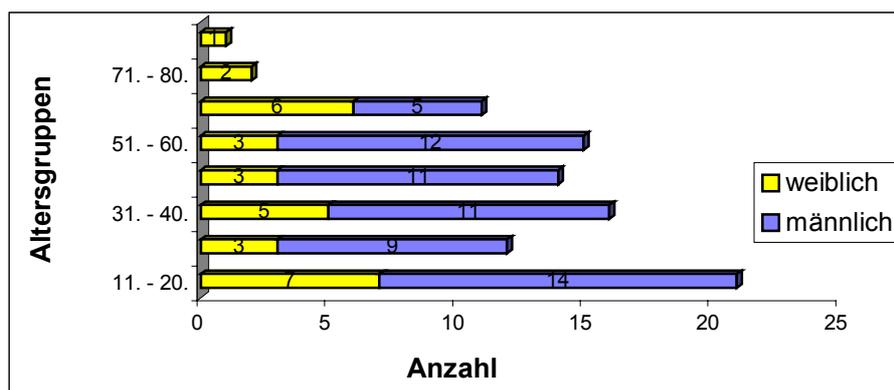


Abb. 4 Altersgruppen- und Geschlechterverteilung in der Gruppe der operativ behandelten Patienten (n=92)

3.2.1.2 Unfallursachen

Die privaten Unfälle (74 Patienten = 65,4%) überwogen deutlich, wie in Abb. 5 dargestellt. Im Vordergrund standen in dieser Gruppe die Verletzungen infolge eines Sturzes im häuslichen Milieu (Sturz in der Wohnung, im Garten, im Pflegeheim) bei 53 (71,6%) Patienten. 21 Patienten (28,4%) verletzten sich im Rahmen eines Verkehrsunfalls.

In der Gruppe der Arbeits-Wege-Unfälle (39 Patienten = 34,6%) standen 19 Verkehrsunfälle (48,8%) 15 Sturzverletzungen (38,4%) gegenüber, davon 5 aus einer Höhe über 5m, und 5 direkten Gewalteinwirkungen (12,8%).

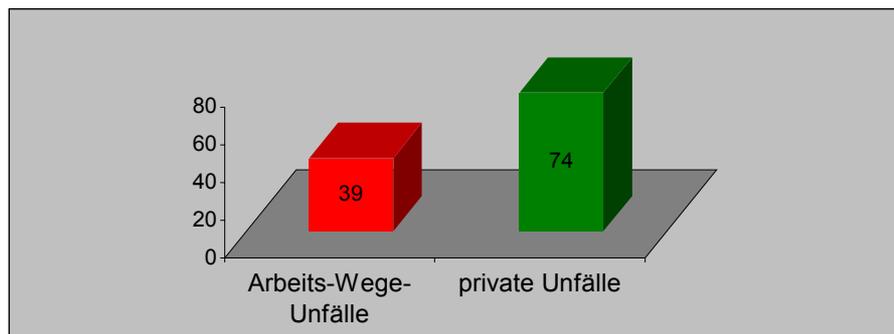


Abb. 5 Ursachen der Humerusschaftfrakturen in Prozent

3.2.1.3 Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen

Bei der Analyse der Verunfallten war die hohe Anzahl an Patienten mit Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen auffällig (siehe Abb. 6). In nur 35,3% (n = 40) der Fälle handelte es sich um ein unkompliziertes Monotrauma, wobei sich das Verletzungsmuster bzw. die konstitutionellen Besonderheiten problemlos darstellten. Bei den knöchernen Begleitverletzungen (Abb. 7) der oberen Extremitäten bei den Polytraumatisierten (38 Patienten = 33,6%) lagen in 8 Fällen (21,0%) ipsilaterale Frakturen des Unterarmes (3x Unterarmschaft und 5x distale Radiusfrakturen), bei 3 Patienten (7,8%) jeweils Olecranonfrakturen und Claviculafrakturen und bei einem Patienten eine Scapulafraktur (2,6%) als Begleitverletzungen der oberen Extremität vor. Kontralaterale Begleitverletzungen der oberen Extremität fanden sich bei 10 Patienten (26,3%). Zweimal (5,2%) lagen kontralaterale Humerusschaftfrakturen vor, in 4 Fällen (10,5%) Unterarmschaftfrakturen, 3 Patienten (7,8%) mit distalen Radiusfrakturen und einmal (3,8%) eine Olecranonfraktur.

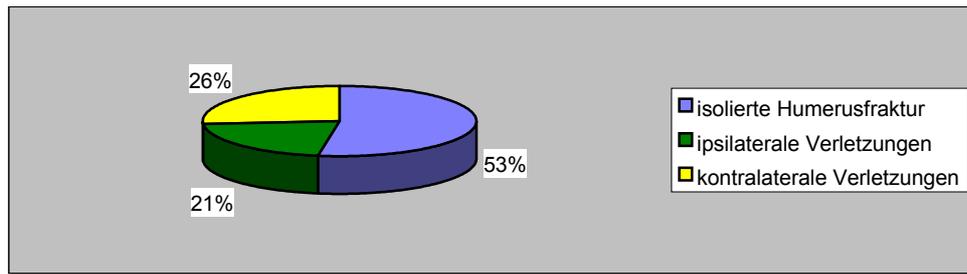


Abb. 6 Anteil ossärer Begleitverletzungen an den oberen Extremitäten bei den polytraumatisierten Patienten (n=38)

An Zusatzerkrankungen oder ungünstigen Begleitumständen lagen in erster Linie die generalisierte Adipositas (16 Patienten = 14,1%) und der chronische Alkoholismus (14 Patienten = 12,3%) vor. Bei 5 Patienten (4,4%) traten die Humerusschaftfrakturen im Rahmen maligner Erkrankungen auf. Dabei handelte es sich in 3 Fällen um Nierenzellkarzinommetastasen, einmal um Metastase eines Mammakarzinoms und einmal um eine Metastase bei einem Prostatakarzinom (Abb.7).

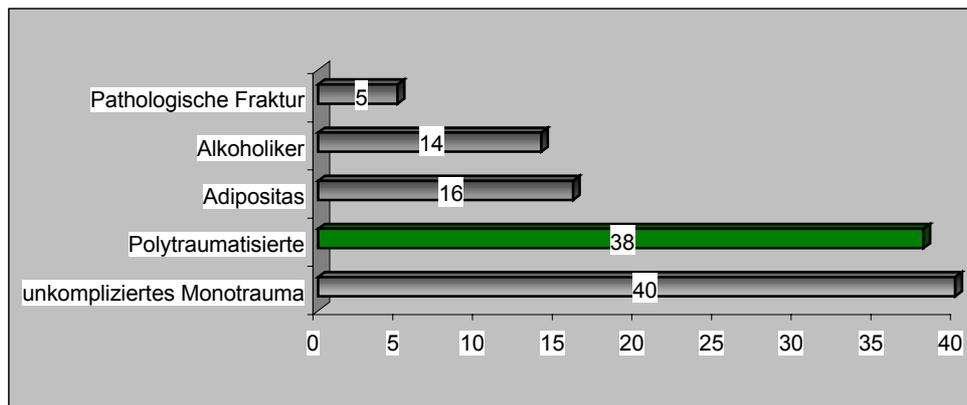


Abb. 7 Begleitverletzungen (grün) und Zusatzerkrankungen (blau) im Gesamtkollektiv der Patienten (n=113)

3.2.1.4 Offenen Humerusschaftfrakturen

Offene Frakturen traten bei 7 Patienten (6,0%) auf. Davon waren 4 erst-, 2 zweit- und 1 drittgradig offen. Die Abb. 8 zeigt die Verteilung der Schweregrade der offenen Frakturen. Die Versorgung der Weichteilbeteiligung erfolgte im Rahmen der Primärtherapie in Form der chirurgischen Wundversorgung mit Debridement und ausgiebiger Wundspülung. Bei der drittgradigen Verletzung lag eine venöse Blutung aus der V. cephalica sowie eine partielle Zerreißung des Caput laterale des Trizepsmuskels begleitend vor. Hier konnte ein primärer Wundverschluss nicht erzielt werden. Es erfolgte die Wundversorgung, temporäre Weichteilabdeckung mit Sypurderm und sekundär plastischer Wundverschluss. Zwei der erstgradig offenen Humerusschaftfrakturen wurden

primär mit einem UHN retrograd versorgt. Bei einer weiteren erstgradigen Fraktur wurde mit der Wundversorgung eine primäre Plattenosteosynthese durchgeführt. In gleicher Weise wurde bei einer zweitgradig offenen Fraktur verfahren. Die übrigen Frakturen wurden temporär mit einem Fixateur externe versorgt.

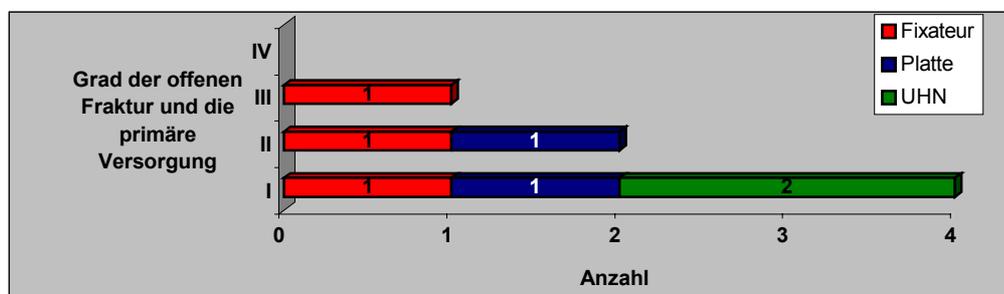


Abb. 8 Inzidenz und Schweregrade der offenen Oberarmschaftfrakturen (n=7) und die primäre Versorgung

3.2.1.5 Gefäßverletzungen

Gefäßbeteiligungen des betroffenen Oberarmes lagen bei einer 3. gradig offenen Fraktur in Form einer Zerreißung, der Vena cephalica vor. Es erfolgte hier im Rahmen der Wundversorgung operativ die Gefäßligatur. Folgeschäden verblieben nicht.

3.2.1.6 Plexus-brachialis-Schädigung einschließlich primärer Radialisparese

Verletzungen des Plexus brachialis waren bei 2 Patienten (1,7%) nachzuweisen. In beiden Fällen erfolgte eine konservative Weiterbehandlung in einer neurochirurgischen Einrichtung. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung fand sich in einem Fall eine vollständige Restitution. Bei dem anderen Patienten bestand 7 Monate nach dem Unfall unvermindert eine inkomplette Plexus-brachialis-Parese. Isolierte Verletzungen des Nervus medianus oder des Ulnaris wurden im Patientenkollektiv nicht beobachtet.

Bei 12 Verletzten (10,4%) trat eine primäre Radialisparese auf, 3mal (2,6%) kam es zur Ausbildung einer sekundären Radialisparese.

Bei 10 der primären Radialisparesen war die Fraktur im 4ten Humerussechstel lokalisiert. Jeweils eine primäre Radialisparese fand sich bei Frakturen im 3. und 5. Humerussechstel. 11 der primären Radialisparesen wurden geschlossen reponiert und mit einem UHN versorgt, in einem Fall wurde bei I-gradig offener Fraktur eine Plattenosteosynthese durchgeführt. Bezieht man die Häufigkeit der Nervenläsion prozentual auf die Frakturlokalisierung, so traten bei 45% der Frakturen im 4.

Humerussechstel Radialispareesen auf. Im 3. Humerussechstel lagen bei 1,7% und im 5. Humerussechstel bei 7,6% Läsionen des Nervus radialis vor.

Die Beziehung zwischen unfallbedingter Radialisparese und dem Frakturtyp ist in Abb. 9 ersichtlich.

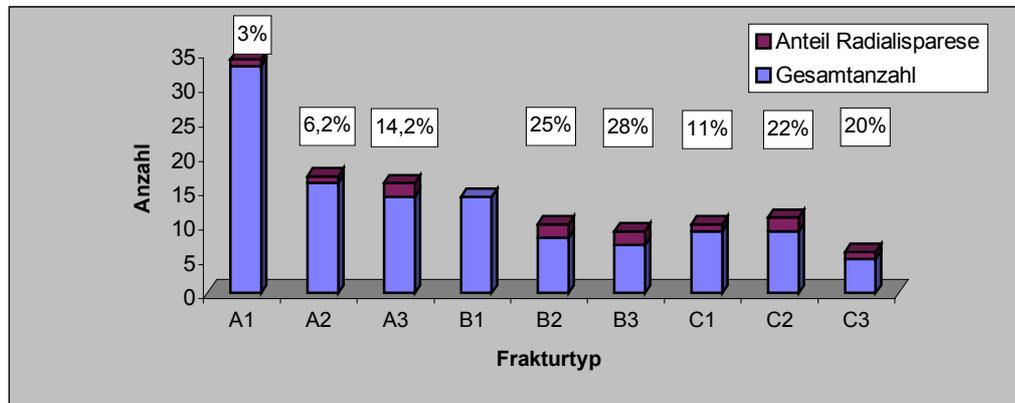


Abb. 9 Prozentuale Häufigkeit der primären Radialisparese in Abhängigkeit vom Frakturtyp

Die einfachen Spiralfrakturen wiesen nur in einem Fall die Kombination mit einer Radialisläsion auf, häufiger fand sich eine Radialisparese bei Querfrakturen, Frakturen mit Biegungskeil und den schweren Bruchformen der Gruppe C nach der AO-Klassifikation.

In Abb. 10 ist der Verlauf der primären Radialispareesen bis zur Nachuntersuchung dargestellt. 9 Patienten mit primären Radialispareesen konnten nachuntersucht werden. Die restlichen 3 Patienten hatten eine vollständige Krankenakte einschließlich der ambulanten Nachbehandlung.

Von den 12 primären Radialispareesen trat in 9 Fällen also in 75% eine spontane Restitution ein. Einmal verblieb eine inkomplette motorische Radialisparese. Dieser Patient wurde in einem neurochirurgischen Zentrum konservativ weiterbehandelt. Bei der Nachuntersuchung fanden sich außer einem Kraftverlust der vom Nervus radialis versorgten Muskulatur (Janda 3) keine weiteren neurologischen Defizite. Bei 2 Patienten verblieb ein Sensibilitätsverlust im Bereich des Nervus cutaneus antebrachii posterior.

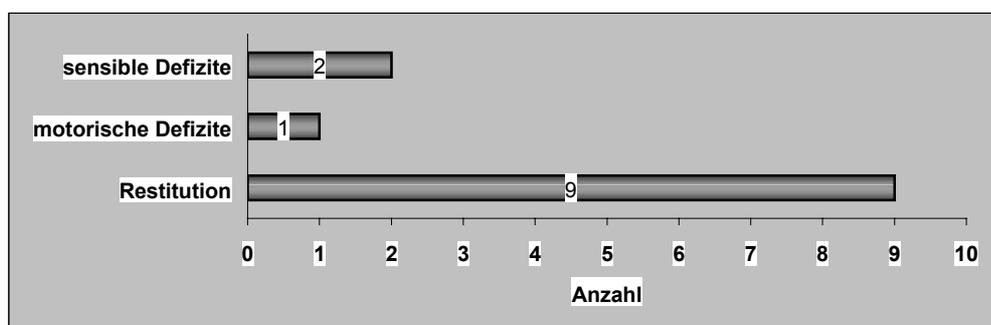


Abb. 10 Heilungsverhalten und verbliebene Schäden der primären Radialisläsionen (n=12)

3.2.1.7 Frakturtypen

Die Verteilung der Humerusschaftfrakturen nach Frakturtypen der AO-Klassifikation ist in Abb. 11 dargestellt. Im gesamten Patientenkollektiv überwogen die einfachen Frakturtypen nach der AO-Klassifikation. In 63 Fällen (54,7%) handelte es sich um A-Frakturen, in 29 (25,3%) um B-Frakturen und bei 23 Patienten (20,0%) um C-Frakturen. In der Gruppe der A-Frakturen überwogen die A1-Frakturen mit 52,4% (n=33), gefolgt von den A2-Frakturen (16 Patienten = 25,4%) und den A3-Frakturen (14 Patienten = 22,2%). Bei den B-Frakturen waren die B1-Frakturen (14 Patienten = 48,3%) vor den B2-Frakturen (8 Patienten = 27,6%) und den B3-Frakturen (7 Patienten = 24,1%) am häufigsten. In der Gruppe der C-Frakturen lagen die C1- und C2-Frakturen mit je 9 Patienten (39,1%) gleich häufig vor, Die C3-Frakturen traten bei 5 Patienten (21,8%) auf.

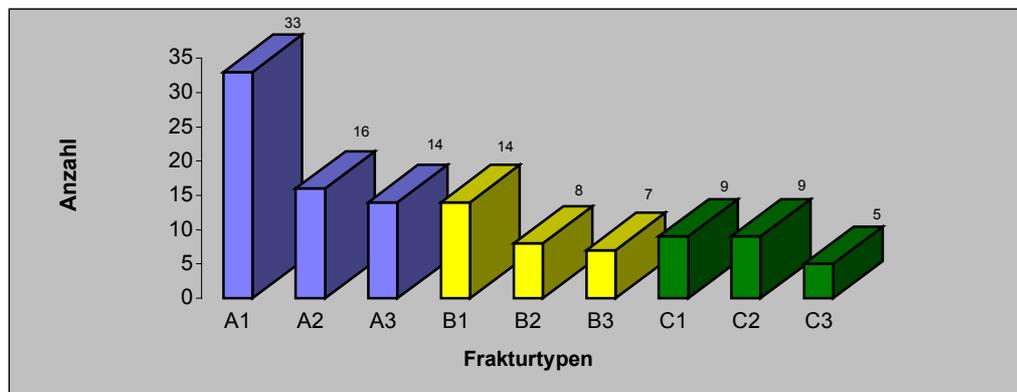


Abb. 11 Verteilung der Frakturtypen nach der AO-Klassifikation

3.2.1.8 Frakturlokalisierung

50,4% der Frakturen (n=58) waren im 3. Humerussechstel lokalisiert. Je 19,1% der Frakturen (n=22) betrafen das 2. und das 4. Sechstel. 11,4% (n=13) fanden sich im 5. Sechstel. In 5 Fällen (4,3%) lief die Fraktur in den Humeruskopf aus und zweimal (1,7%) war die Kondylenregion des Oberarmes mit in die Fraktur einbezogen. Bei diesen Zahlen muss berücksichtigt werden, dass nur 78 Frakturverläufe (67,8%) auf eine Region begrenzt waren, während sich 32 (27,8%) über 2 und 5 (4,4%) über 3 Regionen erstreckten.

3.2.2 Therapie der Humerusschaftfrakturen

Häufigstes angewandtes, definitives Therapieverfahren bezogen auf alle Patienten war die Marknagelosteosynthese mit dem UHN in 55,6% (n=64) der Fälle. Unter den operativen Verfahren (n=94) wurde der UHN bei 68% der Patienten implantiert. Der Fixateur externe wurde insgesamt

bei 29 Patienten (30,8%) primär zur Stabilisierung der Fraktur eingesetzt. Bei 12,7% (n=12) konnte die Ausheilung der Fraktur mit dem Fixateur erzielt werden. Eine temporäre Fixateurbehandlung (n=17) erfolgte bei 18,1% der Verletzten im Rahmen der Primärbehandlung polytraumatisierter Patienten bei initial dringendem Verdacht auf ein begleitendes Thoraxtrauma. Die Plattenosteosynthese wurde in 11,7% (n=11), die Zifko-Nagelung in 3,1% (n=3) und die Rush-Pin- und Prevot-Nagelung in jeweils 2,1% (n=2) der Fälle durchgeführt. Die angewandten definitiven Therapieformen der 113 Patienten mit 115 Oberarmschaftfrakturen sind in Abb. 12 dargestellt.

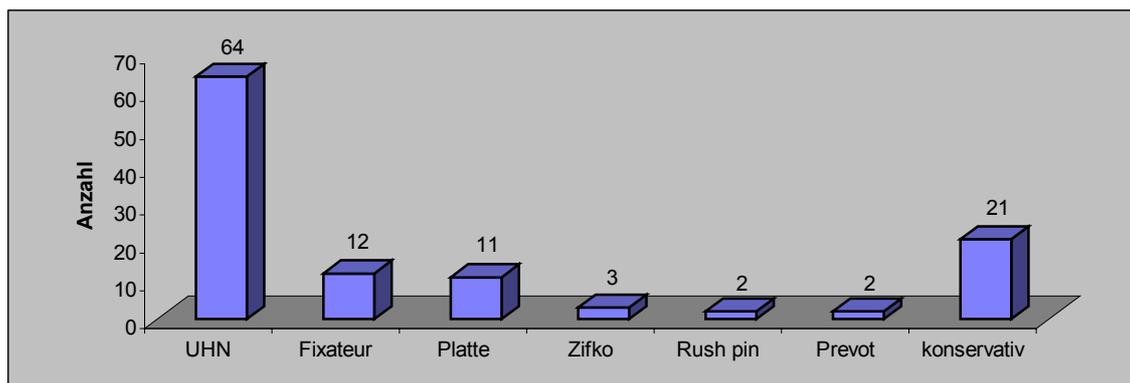


Abb. 12 Definitive Therapieformen der 115 Humerusschaftfrakturen

3.2.2.1 Konservative und operative Behandlung der Humerusschaftfrakturen entsprechend den Frakturtypen

Deutlich überwiegt die operative Versorgung (n=94) mit 81,7% gegenüber der konservativen Therapie (n=21) mit 18,3%.

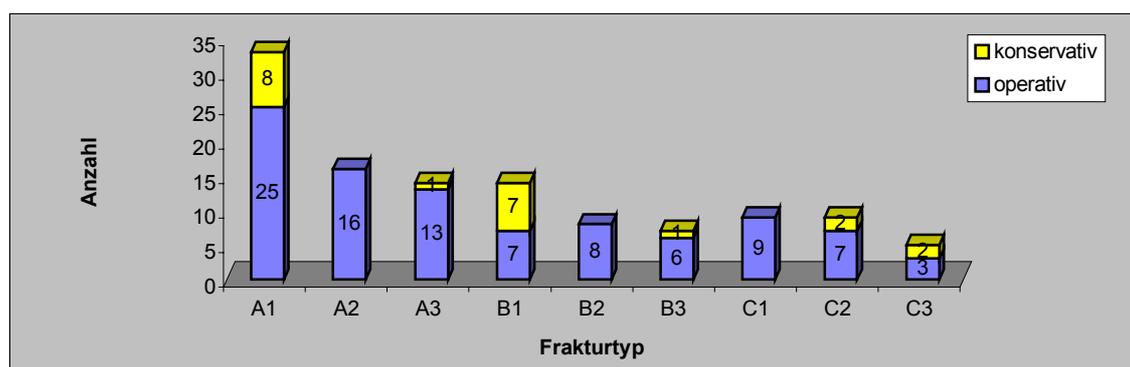


Abb.13 Einteilung der Frakturen nach der AO-Klassifikation mit anteilmäßiger Darstellung der konservativen und operativen Therapie

Wie in Abb. 13 ersichtlich, lag ein hoher Anteil der konservativen Therapie bei Frakturen vom Typ B1 mit einem einfachen Biegungskeil (50%), den Spiralfrakturen vom Typ A1 (24,2%) sowie den

mehrfragmentären Bruchformen (C2-Frakturen mit 22,2% und C3-Frakturen mit 40%) vor. Bei den übrigen Frakturtypen überwog die operative Therapie signifikant.

In der folgenden Tabelle ist die jeweilig angewandte Therapiemethode bezogen auf die AO-Klassifikation der Frakturen zu entnehmen.

Tabelle VI: Anwendungshäufigkeit der verschiedenen Therapieverfahren entsprechend der AO-Fraktur-Klassifikation der Frakturen (absolute Zahlen/prozentual pro Frakturtyp)

	A1 N=33	A2 N=16	A3 N=14	B1 N=14	B2 N=8	B3 N=7	C1 N=9	C2 N=9	C3 N=5
UHN (n=64)	21/63,7%	12/75%	12/85,8%	6/42,9%	5/62,5%	3/42,8%	3/33,3%	1/11,1%	1/20%
Fixateur (definitiv n=12)	1/3%	2/12,5%		1/7,1%	1/12,5%	1/14,3%	2/22,2%	4/44,4%	
Platte (n=11)		1/6,25%	1/7,1%		2/25%	1/14,3%	2/22,2%	2/22,2%	2/40%
Zifko (n=3)	2/6%	1/6,25%							
Prevot (n=2)	1/3%						1/11,1%		
Rush-Pin (n=2)						1/14,3%	1/11,1%		
Konservativ (n=21)	8/24,3%		1/7,1%	7/50%		1/14,3%		2/22,2%	2/40%

Wie in Tabelle VI dargestellt, war das am häufigsten verwendete Implantat, der UHN. Die A1-Frakturen wurden in 63,6% (n=21/33), die A2-Frakturen in 75% (n=12/16) und die A3-Frakturen in 85,5% (n=12/14) mit dem UHN versorgt. Bei den B1-Frakturen wurde bezogen auf den UHN häufiger konservativ behandelt. Bei den B3-Frakturen überwiegen die UHN-Anwendungen mit 42,2% (n=3/7) gegenüber jeweils den 14,2% (n=1/7) der anderen eingesetzten Methoden (Fixateur, Plattenosteosynthese, Rush-Pin, konservativ). Differenzierter gestaltete sich die Behandlung der C-Frakturen. Hier wurde der UHN bei den C1-Frakturen am häufigsten mit 33,3% (n=3/9) eingesetzt. Die C2-Frakturen wurden mit dem Fixateur externe in 44,4% (n=4/9) der Fälle behandelt. Dabei handelte es sich bei allen 4 Frakturen um polytraumatisierte Patienten, die in der Primärphase eine schlechte Prognose hatten, so dass auf den Verfahrenswechsel verzichtet wurde. Die Plattenosteosynthese und die konservative Therapie in jeweils 22,2% (n=2/9) und der UHN in 11,1% (n=1/9) der Fälle verwendet. Bei den C3 Frakturen überwogen die konservative Therapie und die Plattenosteosynthese mit jeweils 40% (n=2/5). Der UHN wurde in 20% (n=1/5) der Fälle angewandt.

3.2.2.2 Therapie der Schafffrakturen mit Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen

Ein Überblick über die angewandten Behandlungsmethoden entsprechend den unter Punkt 3.2.5 aufgeführten Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen ist in Abb. 14 dargestellt.

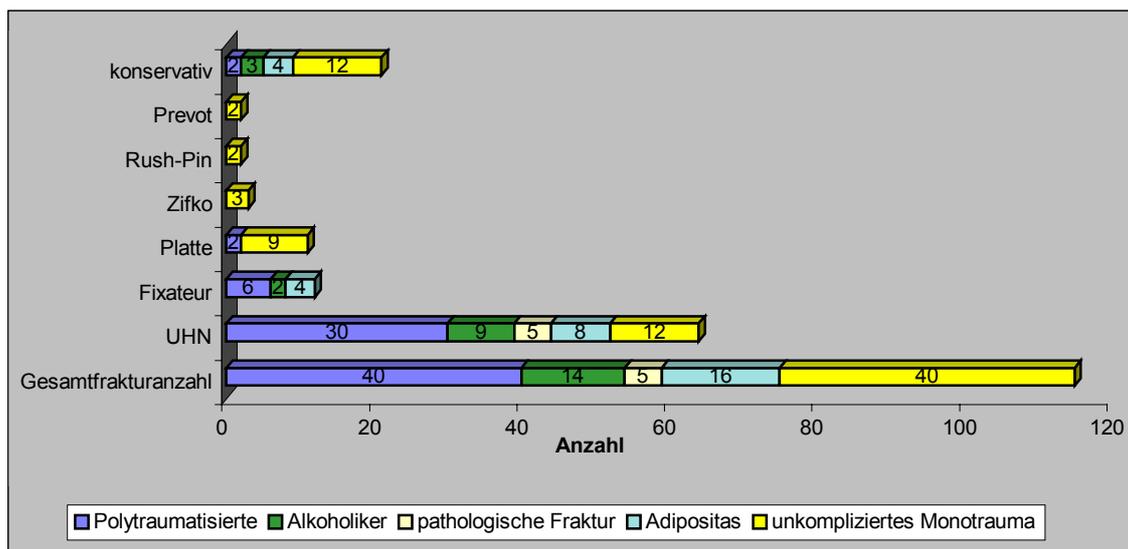


Abb.14 Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen und angewendete Verfahren zur Behandlung der Humerusschaftfrakturen im Verhältnis zu denen unkomplizierter Monotraumen

Betrachtet man die Gruppe der 38 polytraumatisierten/mehrfachverletzten Patienten (33,6%) mit 40 begleitenden Humerusschaftfrakturen (2 doppelseitige Frakturen) getrennt, so wurden primär 25 Patienten (71,1%) mit 27 Frakturen temporär mit einem Fixateur externe, 9 Patienten (23,6%) mit einem UHN und 2 Patienten (5,3%) plattenosteosynthetisch versorgt. 2 Patienten wurde initial infolge des kritischen Allgemeinbefindens lediglich ein modifizierter Bindendesault-Verband angelegt. Beide Patienten hatten zusätzlich ein stumpfes Abdominaltrauma mit Milzruptur und Leberriss. Nach primärer Splenektomie und Packing des Abdomens wurden diese Patienten zunächst bei kritischen Kreislaufparametern auf die ITS verbracht, wo beide infolge der schweren abdominalen Verletzungen im hämorrhagischen Schock verstarben.

Die Definitivversorgung erfolgte nach Stabilisierung des Allgemeinzustandes der Patienten. Es wurden 21 Frakturen nachfolgend mit dem UHN stabilisiert. Bei 6 polytraumatisierten Patienten erfolgt die Ausbehandlung im Fixateur. Die beiden im Desaultverband anbehandelten Patienten verstarben im Laufe des ersten Behandlungstages.

Insgesamt betrachtet wurde der UHN in der Gruppe der 38 Polytraumatisierten mit 40 Humerusschaftfrakturen in 75% der Fälle angewandt. Auch in den anderen „Problemgruppen“, wie

den chronisch alkoholkranken Patienten (n=14), erfolgte bei 9 Patienten (64,2%) und bei Adipositas (n=16) in 8 Fällen (50%) am häufigsten die UHN-Anwendung. Bei den pathologischen Frakturen (siehe Abb. 13) wurde ausschließlich der UHN eingesetzt (100%). In der Gruppe der konservativen behandelten Patienten wurden 57,1% unkomplizierte Monotraumen behandelt, die restlichen Anwendungen verteilten sich auf Patienten mit Begleiterkrankungen, wie Adipositas (n=4) und chronischen Alkoholismus (n=3) sowie 2 polytraumatisierte/mehrfachverletzte Patienten.

3.2.2.3 Die spezielle Anwendung des UHN

Der UHN (n=64) wurde in der Gruppe der frischen Frakturen 53mal retrograd (82,8%) und in 11 Fällen antegrad (17,2%) eingesetzt. Die Indikation zur antegraden Implantation wurde bei weit distalen bzw. nach distal auslaufenden Frakturen gestellt. In der Gruppe der Polytraumatisierten wurde der UHN bei 2 Patienten antegrad implantiert.

Die Versorgung einer pathologischen Fraktur mit dem retrograd implantierten UHN ist in Abb. 15 dargestellt.



Abb. 15 Metastase eines Nierenzell-Karzinoms und pathologische Fraktur ohne wesentliche Dislokation bei einer 44jährigen Patientin und die Behandlung mit dem retrograd implantierten UHN

Die Versorgung einer 12A2-Fraktur nach AO-Klassifikation mit dem retrograd implantierten UHN zeigt die Abb. 16.

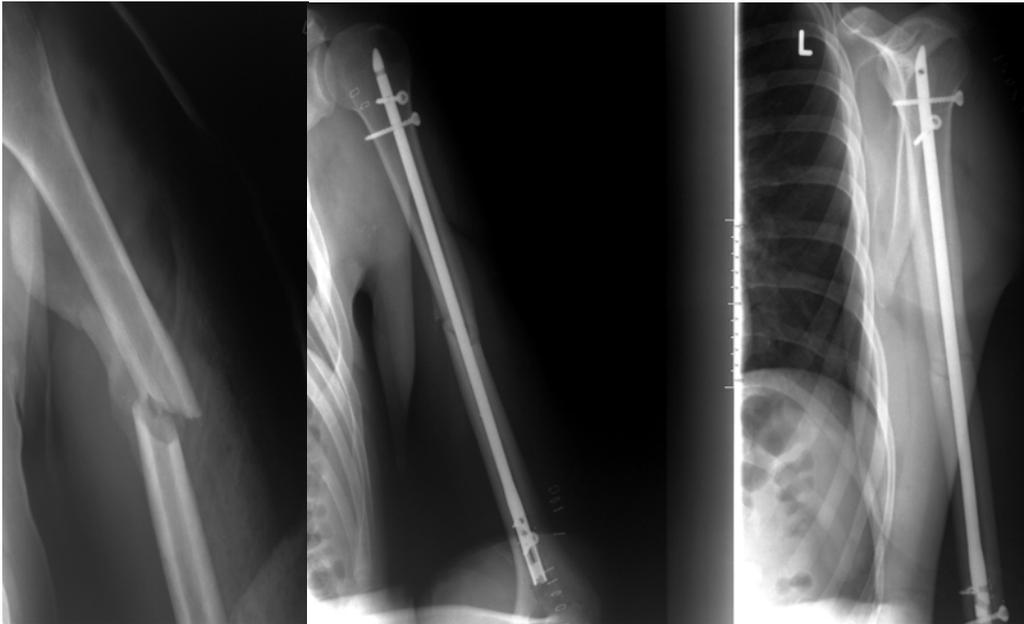


Abb.16 Unfallaufnahmen eines 33jährigen Patienten mit einer kurzen Schrägfraktur (AO12A2) des Humerusschaftes und die unmittelbar postoperativ angefertigten Kontrollaufnahmen bei initialem Monotrauma

3.2.2.4 Die Anwendung der konservativen Therapie

Die konservative Therapie wurde bei insgesamt 21 Patienten angewandt (18,2%). Bei 12 Patienten (57,1%) dieser Behandlungsgruppe lag ein unkompliziertes Monotrauma (n=40) vor. Damit wurden 30% aller unkomplizierten Monotraumata konservativ behandelt (siehe Abb. 12). Bezogen auf die Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen wurden 4 Patienten (25%) mit Adipositas (n=16) konservativ behandelt. An dieser Stelle sei angemerkt, dass von diesen 4 Patienten in 3 Fällen eine zweimalige Nachreposition bei Manipulation am Oberarmbrace, wegen Hautmazerationen und allergischer Reaktion auf das verwendete Material erfolgen musste. Alle der primär mit einem softcastverstärkten Desault versorgten Patienten beklagten nach Anlage ein Eng- und Beklemmungsgefühl, dabei war der Verband nicht zu straff angelegt worden. Bei 3 (21,4%) der insgesamt 14 Alkoholiker erfolgte eine konservative Behandlung.

Der konservative Behandlungsverlauf einer 12B1-Fraktur bei einem 28jährigen Patienten ist in Abb. 17 dargestellt. Die Konsolidierung der Fraktur trat nach 17 Wochen ein. Der weitere Verlauf war bei mangelnder Compliance des Patienten nicht darstellbar.

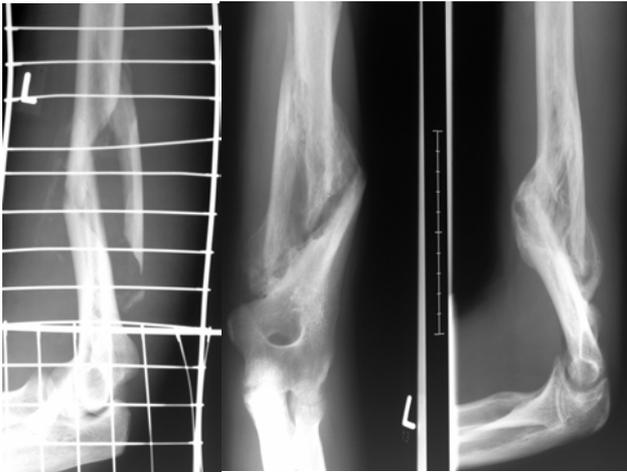


Abb. 17 Behandlungsverlauf bei einem 28jährigen Mann mit einer Humerusschaftfraktur (AO12B1) und verzögert zum Abschluss gekommener Konsolidierung nach 17 Wochen.

3.2.2.5 Die spezielle Anwendung des Fixateur externe

Der Fixateur externe fand sein hauptsächliches Einsatzgebiet in der temporären Fixation nach initialer Reposition vor allem bei der Versorgung der Polytraumata/Mehrfachverletzten. Wie bereits weiter oben dargestellt, wurden 25 Patienten mit 27 Frakturen initial mit einem Fixateur versorgt. Eine definitive Behandlung im Fixateur erfolgte bei 6 Patienten (15%) im Zusammenhang mit einem Polytrauma (n=40 Frakturen). Bei diesen Patienten war die geplante Versorgung mit einem UHN wegen einer zwischenzeitlich fraglichen Prognose nicht zeitgerecht durchführbar. Bei 3 dieser Patienten kam es im Verlauf der Behandlung zu einer Pin-Trakt-Infektion, in einem Fall mit Bildung eines Ringsequesters, der operativ entfernt wurde. Zu diesem Zeitpunkt waren die Frakturen bereits knöchern soweit abgebunden, dass eine weitere Behandlung mit einem Brace erfolgen konnte.

Die Fixateurbehandlung bei Humerusschaftfrakturen und Patienten mit Adipositas führte in allen 4 Anwendungen (33,3%) zu einer knöchernen Konsolidierung. Bei 2 Patientinnen trat im Verlauf eine Pin-Trakt-Infektion auf. Infolge der bereits vorliegenden knöchernen Stabilität, reichte eine Brace-Anlage bis zur Konsolidierung aus. Insgesamt wurde der Fixateur von den Patienten als unkomfortabel eingeschätzt.

Die Versorgung mit einem Fixateur bei 2 Alkoholikern (16,6%) war als temporäre Maßnahme gedacht, da ein begleitendes stumpfes Thoraxtrauma vorlag. Schließlich wurde die Methode gut toleriert, so dass das Verfahren bis zur Konsolidierung angewandt wurde.

3.2.2.6 Die Anwendung der Plattenosteosynthese

Die Plattenosteosynthese als früher auch in unserer Klinik bevorzugtes operatives Verfahren am Oberarmeschaft kam im Untersuchungszeitraum nur noch bei 11 Patienten mit einseitigen Frakturen (9,5%) zum Einsatz (siehe Tab. VII). Sie wurde durch den immer häufiger Angewendeten UHN immer weiter verdrängt. Die Anwendungen (22,5%) beim unkomplizierten Monotrauma lagen noch in der Übungsphase vom UHN. Bei 2 Polytraumatisierten wurde primär eine Plattenosteosynthese durchgeführt. Bei einem Patienten lag eine II-gradig offene Verletzung vor, so dass unmittelbar bei der Wundversorgung die primäre Osteosynthese erfolgte. Bei dem anderen Patienten handelte es sich ebenfalls um eine offene Verletzung, hier ersten Grades im dorsalen Zugangsgebiet zum Humerusschaft mit zusätzlicher primärer Radialisparese, sodass die Revision des Nerven durchgeführt und der Bruch extramedullär stabilisiert wurde.

3.2.2.7 Die Anwendung anderer Verfahren

Die Stabilisierung von Humerusschaftfrakturen bei jugendlichen Verletzten erfolgte wegen des engen Markraumes mit Rush-Pins in zwei Fällen (1,7%). Dabei handelte es sich bei einem 15-jährigen Jungen um eine C1-Fraktur die zunächst geschlossen reponiert wurde. Nach Einbringen der Rush-Pins konnte eine gute Retention erzielt werden. Die Versorgung einer proximalen B3-Fraktur bei einer 16-jährigen Patientin war schwierig, da die Pins schwierig zu platzieren waren. Beide Frakturen heilten knöchern aus.

Die Versorgung von Frakturen mit Prevot-Nägeln erfolgte bei zwei 16-jährigen weiblichen Jugendlichen (1,7%) mit je einer A1- und C1-Verletzung. Die operative Versorgung und knöcherne Heilung waren unproblematisch.

Die 3 Anwendungen der Zifko-Nägel (2,6%) bei unkompliziertem Monotrauma (siehe Abb. 12) kam im Zusammenhang mit Hospitationen von Gastärzten zustande. Die zwei A1- (4. Sechstel) und eine A2-Fraktur (5. Sechstel) heilten knöchern aus.

3.2.3 Komplikationen bei der Behandlung der Humerusschaftfrakturen

In diesem Kapitel wird auf die Komplikationen der Humerusschaftfrakturen sowohl im eigenen Krankengut als auch bei den zugewiesenen Patienten eingegangen.

3.2.3.1 Die sekundären Radialispareesen

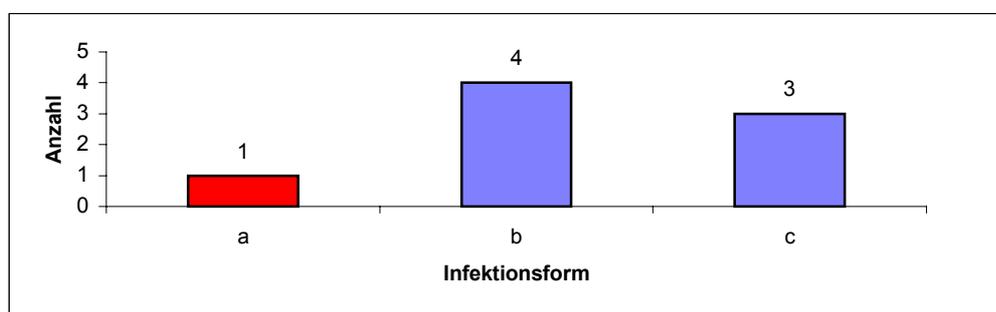
Die sekundären inkompletten Radialispareesen traten postoperativ jeweils einmal nach antegrader UHN-Implantation, retrograder UHN-Implantation und Plattenosteosynthese auf. Im Rahmen der Nachuntersuchung durchschnittlich 13 Monate nach dem Unfall (11,13 und 15 Monate) fand sich bei einem Patienten ein Sensibilitätsverlust im Versorgungsgebiet des Nervus cutaneus antebrachii posterior nach Plattenosteosynthese. Die beiden anderen sekundären Radialisläsionen waren folgenlos ausgeheilt.

3.2.3.2 Infektionen der operativ versorgten Patienten

Frühinfektionen nach operativer Therapie traten bei insgesamt 3 retrograd implantierten Humerusnägeln (4,6%) und 4 Fixateur externe Anwendungen (33,3%) als frühe Pin-Trakt-Infektionen auf. Postoperative Wundinfektionen nach Plattenosteosynthese, Prevot- oder Zifko-Nagelung und Rush-Pins traten nicht auf. Eine Spätinfektion lag nur bei einem Patienten mit Ringsequesterbildung und nachfolgender Osteitis mit Pin-Trakt-Weichteil-Infektion bei Fixateur externe Anwendung vor. Bei allen 5 Fixateurkomplikationen erfolgte die vorzeitige Demontage des Fixateurs und die Anlage eines Oberarmbraces. Der Ringsequester wurde operativ entfernt. Die Infektionen heilten folgenlos aus.

Die oberflächlichen Wundinfektionen nach Implantation eines UHN (2mal retrograd, einmal antegrad) heilten in 2 Fällen ohne weitere operative Intervention aus. Bei einem Patienten konnte eine Ausheilung nach chirurgischem Debridement mit Vakuumversiegelung und Sekundärnaht zur Ausheilung gebracht werden.

Zusammenfassend sind in Abb. 18 sind die postoperativen Früh- und Spätinfektionen dargestellt.



- Legende:
- a** = Spätinfektion mit Ringsequester und Pin-Trakt-Weichteil-Infektion
 - b** = Frühinfektion mit Pin-Trakt-Weichteil-Infektion
 - c** = Frühinfektion mit oberflächlicher Wundheilungsstörung bei Anwendung des UHN

Abb. 18 Früh- und Spätinfektionen der operativ versorgten Patienten

3.2.3.3 Humerusschaftpseudarthrosen aus dem eigenen Patientengut

Bei den Humerusschaftfrakturen werden die des eigenen Patientengutes und die in anderen Krankenhauseinrichtungen vorbehandelten Fälle getrennt dargestellt.

Nach Therapie der 115 Humerusschaftfrakturen traten insgesamt 7 Pseudarthrosen (6%) auf. Bei den operativ behandelten Patienten resultierten 4 Pseudarthrosen (6,25%) aus den 64 UHN-Anwendungen. Die anderen operativen Verfahren führten nicht zur Pseudarthrosenbildung. Bei der konservativen Therapie (n=21) waren 3 Pseudarthrosen (14,2%) festzustellen, siehe Abb. 19.

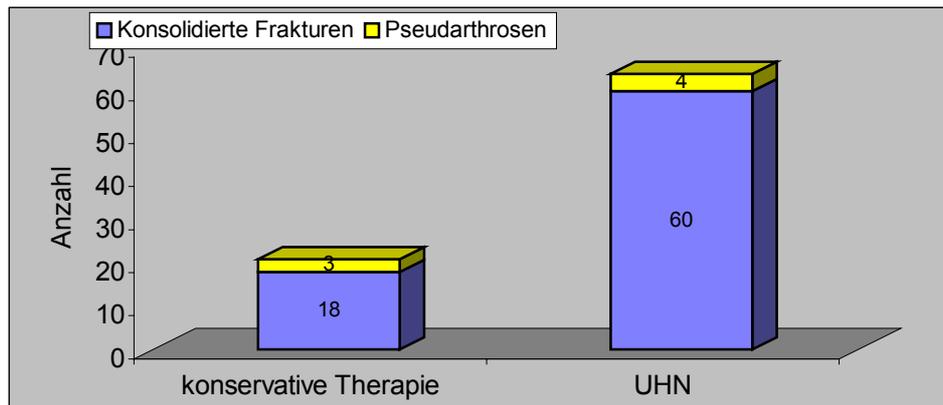


Abb. 19 Pseudarthrosenhäufigkeit bei konservativer Therapie und Marknagelosteosynthese (absolute Zahlen)

Analysiert man bei welchen Frakturtypen Pseudarthrosen auftraten, stellen die B3-Frakturen nach AO-Klassifikation ein therapeutisches Problem dar. Bei 3 von 7 dieser Frakturform (42,8%) kam es zur Pseudarthrosenbildung (siehe Tab. VII).

Tabelle VII Frakturtypen, Therapieverfahren und Pseudarthrosen

	A1 (n=16)	A3 (n=14)	B1 (n=17)	B3 (n=7)	C2 (n=9)
UHN		1		2	1
Konservative Therapie	1		1	1	

3.2.3.3.1 Pseudarthrosen nach konservativer Primärbehandlung

Die Entstehung einer der Pseudarthrosen bei einem Alkoholiker nach konservativer Therapie einer B3-Fraktur ist am ehesten auf die mangelnde Compliance zurückzuführen. In die empfohlene operative Versorgung willigte der Patient nicht ein. Nach primärer Reposition und Ruhigstellung auf einer Thoraxabduktionsschiene die vom Patienten abgelegt wurde, tolerierte er später den

angelegten Oberarmbrace nicht und eine anderweitige konservative Behandlung verweigerte er. Auch die Behandlung der Pseudarthrose lehnte er ab.

Bei der Behandlung einer weiteren primär konservativ behandelten A1-Fraktur mit nachfolgender hypertropher Pseudarthrose ist die ungenügende initiale Reposition als Ursache für die Pseudarthrosenentstehung verantwortlich zu machen. Es erfolgte dann die retrograde UHN Implantation 7 Monate nach dem Trauma, dabei musste der anatomisch bedingte enge Markraum aufgebohrt werden. Der Kompressionsaufsatz wurde verwendet. Die Pseudarthrose heilte schließlich aus.

Bei der dritten, einer atrophen Pseudarthrose nach konservativer Therapie einer B1-Fraktur, wurde eine Plattenosteosynthese nach Anfrischung des Pseudarthrosenspaltes durchgeführt. Hierbei handelte es sich um eine 74jährige Patientin mit ausgeprägter Osteoporose und einem eingeschränkten Allgemeinzustand, bei anamnestisch bekannter coronarer Herzerkrankung. Die anfängliche Ruhigstellung der Patientin auf einer Thoraxabduktionsschiene, da nur in dieser Stellung das Repositionsergebnis gut zu retinieren war, wurde von dieser Patientin äußerst schlecht toleriert. Temporär wurde ein Fixateur externe angelegt um eine suffiziente Ruhigstellung zu gewährleisten. Am 5. Tag kam es zur Auslockerung der Pins. Dabei fiel auf, dass bei der initial als A1-Fraktur beurteilten Verletzung einen Drehkeil vorlag, so dass es sich um eine B1-Fraktur handelte. Der Fixateur wurde entfernt und ein Oberarmbrace 13 Tage nach dem Unfall angelegt. Wegen rezidivierender Beschwerden der Patientin kam es zu wiederholten Korrekturen. Diese ungenügend konstante primäre Ruhigstellung kommt als Ursache für die Pseudarthrose in Frage (siehe Abb. 20).



Abb.20 Behandlungsverlauf einer 74jährigen Patientin mit einer langstreckigen Humerusschaft-Spiralfraktur (12A1), wegen mangelnder Toleranz der Thoraxabduktionsschiene erfolgte temporär über 5 Tage die Anlage eines Fixateur externe und schließlich nach Ausbruch

desselben eine Brace-Behandlung. Nach 6 Monaten noch keine Kallusbrückenbildung, darum Umstieg auf eine Plattenosteosynthese, die schließlich zur Ausheilung führte.

3.2.3.3.2 Pseudarthrosen nach operativer Primärbehandlung

Bei der Behandlung der Pseudarthrosen nach initialer UHN-Anwendung wurde im ersten Fall einer hypertrophen Pseudarthrose der primär antegrad eingebrachte, offensichtlich zu dünne UHN gegen einen stärkeren ausgetauscht und dabei der Markraum aufgebohrt. Bei zwei der Patienten ist der antegrad eingebrachte Nagel durch einen retrograd implantierten ersetzt worden. Zusätzlich wurde die Pseudarthrose über einen dorsalen Zugang zum Oberarm angefrischt (atrophe Pseudarthrose) und Beckenkammspongiosa angelagert. Bei dem vierten Patienten (atrophe Pseudarthrose, wie in Abb.21 dargestellt) wurde bei liegendem retrograd implantierten Nagel 7 Monate nach Primärversorgung die Pseudarthrose in gleicher Weise angefrischt und Spongiosa angelagert. Bei allen vier Fällen konnte bei Reosteosynthese durch den Kompressionsaufsatz erneut Druck auf die Fraktur/Pseudarthrose gebracht und schließlich die Ausheilung erzielt werden.

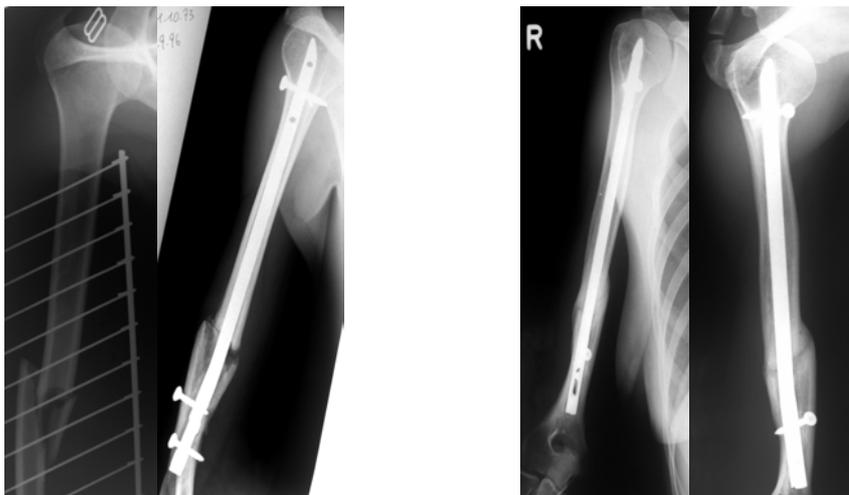


Abb.21 Verlauf bei einer 26jährigen Patientin mit einer Humerusschaftfraktur AO12B2 (bei kurzem distalem Fragment) und Pseudarthrose am rechten Oberarm. Ausheilung nach Reosteosynthese und Spongiosaplastik

3.2.3.4 Humerusschaftpseudarthrosen nach auswärtiger Vorbehandlung

Neben den frischen Frakturen behandelten wir 7 Pseudarthrosen nach auswärtig vorbehandelten Humerusschaftfrakturen. In drei Fällen handelte es sich um initial konservativ behandelte Patienten mit der Ausbildung von hypertrophen Pseudarthrosen. Es wurde bei diesen Fällen die retrograde UHN-Implantation unter axialer Kompression durchgeführt und die Heilung erzielt.

Jeweils zweimal war primär die Frakturstabilisierung mit einem Russel-Taylor-Nagel bzw. Zifko-Nägeln erfolgt. In drei Fällen wurde die knöchernen Konsolidierung nach Nagelwechsel (2mal antegrader UHN, einmal retrograder UHN) erreicht. Bei einem Patienten nach initialer Stabilisierung mit einem Russel-Taylor-Nagel erfolgte eine retrograde UHN Implantation und später zusätzlich die Anlagerung von Beckenkammspongiosa nach Ausräumung der Pseudarthrose. Auch in diesen 4 Fällen heilten die Pseudarthrosen aus.

3.2.3.5 Spezifische Komplikationen bei Anwendung des UHN

Die Inzidenzen von Pseudarthrosen und Wundheilungsstörungen wurden weiter oben beschrieben. In diesem Kapitel sollen speziell den UHN betreffende intraoperative, operationstechnische Komplikationen und spezifische postoperative Probleme dargestellt werden.

3.2.3.5.1 Intraoperative Probleme und Komplikationen

Insgesamt sahen wir 22 (34,3%) systemspezifische Probleme und Komplikationen .

In 15,6% der Fälle (n=10) traten bei der Verriegelung in Freihandtechnik Probleme auf. Es resultierten Fehlbohrungen. Das Problem solcher Fehlbohrungen lag gleichmäßig verteilt über den gesamten Beobachtungszeitraum vor. Dabei wurden die Implantationen des UHN von 9 verschiedenen Operateuren vorgenommen. Davon verfügten 5 über die Teilgebietsanerkennung Unfallchirurgie, 2 Operateure waren in der Weiterbildung zur Teilgebietsbezeichnung Unfallchirurgie und 2 Kollegen befanden sich in der Weiterbildung zum Facharzt für Chirurgie, hier wurde die 1 Assistenz von einem erfahrenen Unfallchirurgen geleistet.

Bei 9,3% (n=6) wurden bei der retrograden Implantation dorsale Kortikalisausbrüche an der Insertionsstelle verursacht (siehe Abb. 23). Fünf der insgesamt 6 Kortikalisausbrüche ereigneten sich in den ersten 18 Monaten nach Einführung des Nagelsystems in der Klinik („learning curve“).

Der intraoperative Nagelwechsel war ebenso ein echtes Problem der „learning curve“. Alle vier Fälle die folgenlos ausheilten, ereigneten sich in den ersten 14 Monaten nach Einführung dieser Methode. Fehleranalytisch musste der Nagelwechsel erfolgen, wegen Fehlbestimmungen der Nagelstärke (2x) und der Länge (2x).

Schaftspaltungen (3,1%, n=2x) fanden sich bei osteoporotischen Knochen jeweils einmal bei retrograder und antegrader Implantationstechnik ohne Bezug zum Untersuchungszeitraum.

Einen Überblick über Probleme und Komplikationen gibt die Abb. 22.

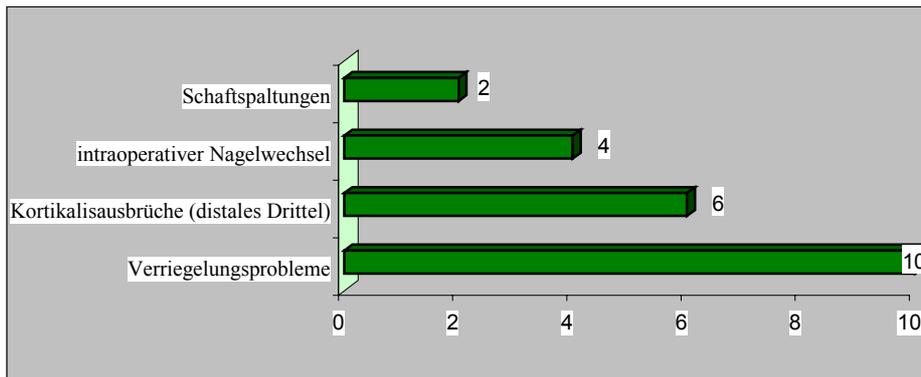


Abb. 22 Intraoperative Probleme und Komplikationen bei der Anwendung des UHN (n=22)
 Das Beispiel einer dorsalen Fragmentaussprengung nach retrograder UHN-Implantation ist in Abb. 23 illustriert.



Abb. 23 Dorsale Fragmentaussprengung nach retrograder Implantation eines UHN

3.2.3.5.2. Ektope Ossifikationen

Die Anwendung des retrograd implantierten UHN bei den 52 frischen Schaftfrakturen führte in 9 Fällen (16,9%) zu ektope Ossifikationen im Bereich des Ellenbogengelenkes. Dabei fanden sich die Weichteilossifikationen um die Insertionsstelle des UHN (siehe Abb. 24). Funktionell kam es in 2 Fällen zu einem Streckdefizit des betroffenen Ellenbogengelenkes. Bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt war bei einem Patienten die operative Extirpation erfolgt. Das bestehende Streckdefizit konnte bei diesem Patienten von 25° auf 10° reduziert werden.



Abb. 24 Ektope Ossifikationen 9 Monate nach retrograder UHN-Implantation bei einem zum Unfallzeitpunkt 27jährigen polytraumatisierten Patienten

3.2.4 Methode

In der Patientenbefragung wurde gezielt nach der subjektiver Schmerzsymptomatik, der persönlichen Zufriedenheit, und der Gebrauchseinschränkung im Alltag gefragt. Es erfolgte eine klinische Untersuchung mit detaillierter Erfassung des Bewegungsumfanges (Neutral-Null-Methode), neurologischer Defizite, der Kraftentfaltung im Seitenvergleich und des kosmetischen Befundes. Röntgenaufnahmen wurden im Verlauf erstellt.

Bewertet wurden die Nachuntersuchungsergebnisse nach durchschnittlich 12 Monaten (7 – 16 Monate) durch den Score nach Kwasny [49] wie in Tabelle VIII dargestellt. Insgesamt konnten 98 Patienten nachuntersucht werden.

Tabelle VIII: Punktescore nach Kwasny et al. [49]

subjektiv:

seitengleich	0
zufrieden	1
schlecht	3

Schmerzen

Keine	0
Wetterfühligkeit	1
Nach starker Belastung	2
Nach geringer Belastung	3
ständig	5

Kraft

seitengleich	0
bis 1/3	1

mehr als 1/3 3

Beweglichkeit Schulter

frei 0

bis 10° 1

bis 20° 2

mehr als 20° 3

Beweglichkeit Ellenbogen

Extension bis 10° 1

Flexion bis 20° 1

Extension bis 20° 2

Flexion bis 40° 2

Extension mehr als 20° 3

Flexion mehr als 40° 3

Neurologie

vollständige Erholung 0

Sensibilitätsstörung bei vorbestehender Läsion 1

Störung wie vor der Behandlung 3

Störung erst nach der Behandlung 5

Röntgen

achsengerechte Ausheilung 0

Fehlstellung bis 10° 1

Fehlstellung mehr als 10° 3

Kosmetik

zufrieden 0

kosmetisch störende Narbe 1

Fehlstellung 3

0-2 Punkte: „sehr gut“

3-6 Punkte „gut“

7-10 Punkte „mäßig“

<10 Punkte „schlecht“

4. Nachuntersuchungsergebnisse

Insgesamt wurden 98 Patienten (86,7%) nachuntersucht und die Ergebnisse nach einem Score von Kwasny [49] ausgewertet (siehe Tabelle VI).

4 Patienten waren infolge eines infausten Grundleidens in den ersten Tagen nach Behandlung verstorben. Bei 2 initial polytraumatisierten Patienten bestand ein apalisches Syndrom. Hier erfolgte die Primärbehandlung mit einem Fixateur externe. Infolge der nicht zu erfüllenden Kriterien des Kwasny-Scores wurden diese Patienten nicht mit in die Auswertung einbezogen.

9 Patienten lehnten eine Nachuntersuchung ab. Der Gruppe der Patienten, welche mit einem UHN versorgt wurden, galt besondere Aufmerksamkeit. Hier wurde im stationären Verlauf ein gezieltes Patientengespräch durchgeführt und die Nachuntersuchung angekündigt, so dass alle Patienten in die Nachuntersuchung einbezogen werden konnten. Bei den 98 (86,7%) nachuntersuchten Patienten handelte es sich um 17 konservativ und 81 operativ behandelte Verunfallte. In Tabelle IX ist die Verteilung der angewandten Behandlungsverfahren dargestellt.

Tabelle IX Verteilung der nachuntersuchten Patienten nach der primärangewendeten Therapie (n=98)

	Σ	UHN	Fixateur	Platte	Prevot	Rush-Pin	Zifko
Konservativ	17						
Operativ	81	64	10	4	1	1	1

4.1. Subjektive Bewertung des Behandlungsergebnisses

Die subjektive Bewertung (Tabelle X) spiegelt die Zufriedenheit der Patienten mit dem Behandlungsergebnis wieder. Nicht nur die Funktion im Alltag ist dabei für die Patienten wichtig, sondern auch Kriterien wie Schmerzfreiheit, Kraftentfaltung, Feinmotorik und Kosmetik spielen eine Rolle.

Insgesamt schätzten lediglich 27,5% der Patienten ein, dass keine verletzungsbedingten Einschränkungen vorliegen würden (seitengleich = 27 Patienten). Betrachtet man die operativ und konservativ behandelten Patienten getrennt, so resümierten bei den konservativ behandelten Patienten nur in 11,8% der Fälle (N=2) eine seitengleiche Zufriedenheit, bei den operativ versorgten waren das 30,9% der Patienten (N=25). Zufrieden mit ihrer Behandlung, d. h. mit geringen Einschränkungen (am häufigsten waren zeitweise vorliegende Beschwerden im entsprechenden Arm angegeben worden) waren die konservativ (58,8%) und operativ (59,2%) behandelten Patienten in annähernd gleichem Anteil. Schlecht bewerteten insgesamt 13,2% der

Patienten ihr Behandlungsergebnis. Dabei beurteilten 29,4% der konservativ und lediglich 9,9% der operativ behandelten Patienten ihr Behandlungsergebnis schlecht.

Tabelle X Subjektive Bewertung des Behandlungsergebnisses in Abhängigkeit vom Therapieverfahren (nominal, prozentual und Punktwert nach Scoresystem)

	Seitengleich = 0 Punkte	Zufrieden = 1 Punkt	Schlecht = 3 Punkte
Konservativ, n=17	2 = 11,8%	10 = 58,8%	5 = 29,4%
Operativ, n=81	25 = 30,9%	48 = 59,2%	8 = 9,9%
UHN, n=64	22 = 34,4%	39 = 60,9%	3 = 4,7%
Fixateur, n=10	2 = 20%	3 = 30%	5 = 50%
Platte, n=4	1 = 25%	3 = 75%	
Prevot n=1		1 = 100%	
Rush Pin n=1		1 = 100%	
Zifko-Nagel n=1		1 = 100%	

4.2. Subjektive Beurteilung des Schmerzverhaltens

Ein separates subjektives Kriterium für Patienten ist das Auftreten von Schmerzen in dem betroffenen Extremitätenabschnitt und den angrenzenden Gelenken. Dabei wurden den Patienten Vorgaben mit einem entsprechenden Punktwert vorgelegt, wie das in Tabelle VI ersichtlich ist. Vorausgesetzt wurde, dass vorher bestehende Schmerzen in den entsprechendem Arm nicht vorlagen, was für alle Patienten zutraf. In Tabelle XI sind die Schmerzintensitäten in Reaktion zur Behandlungsform dargestellt.

Tabelle XI Subjektive Schmerzangabe der Behandlungsgruppen (nominal, prozentual und Punktwert nach Scoresystem)

	Keine = 0 Punkte	Wetterfühligkeit = 1 Punkt	Nach starker Belastung = 2 Punkte	Nach geringer Belastung = 3 Punkte	Ständig = 5 Punkte
Konservativ, n=17		8 = 47,2%	3 = 17,6	3 = 17,6%	3 = 17,6%
Operativ, n=81	17 = 21%	43 = 53%	14 = 17,3%	3 = 3,8%	4 = 4,9%
UHN n=64	15 = 23,4%	37 = 57,8%	9 = 14,0%	1 = 1,6%	2 = 3,2%
Fixateur n=10		4 = 40%	3 = 30%	1 = 10%	2 = 20%
Platte n=4		2 = 50%	1 = 25%	1 = 25%	
Prevot n=1	1 = 100%				
Rush Pin n=1	1 = 100%				
Zifko – Nagel n=1			1 = 100%		

Die Einschätzung des subjektiven Schmerzverhaltens ist schwierig. Ständigen Schmerzen wurden Ruheschmerzen zugeordnet. Prozentual beklagten in der konservativ behandelten Gruppe (n=17) 17,6% (n=3) und in der operativ versorgten Patientengruppe (n=81) 4,9% (n=4) ständige Schmerzen. Als geringe Belastungen wurden Arbeiten im Haushalt, wie Abwaschen, Abtrocknen, Reinigungsarbeiten und Vergleichbares betrachtet. Konservativ behandelte Patienten beklagten hier ebenso in 17,6% (n=3) der Fälle Beschwerden. In der operativ versorgten Gruppe lagen nach geringer Belastung bei 3,7% der Patienten (n=3) Beschwerden vor. Zu starken Belastungen wurden Heben und Tragen von Lasten ab 10 kg, Gartenarbeit, Maler oder Maurertätigkeiten sowie Ähnliches gezählt. 17,6% (n=3) der konservativ behandelten und 17,3% (n=14) der operativ versorgten Patienten beklagten solche Schmerzen. Wetterfühligkeit lag in der konservativen Patientengruppe bei 47,2% (n=8) und in der operativen Patientengruppe bei 53% (n=43) vor. Völlige Schmerzfreiheit gab in der konservativ behandelten Gruppe kein Patient an. In der operativ versorgten Patientengruppe waren 21% (n=17) der Patienten vollkommen beschwerdefrei.

4.3. Beurteilung der groben Kraftentfaltung

Die Untersuchung der groben Kraft lässt nach Kwasny nur eine abschätzende Beurteilung zu. Als Orientierung dient die Einteilung in Drittel vom Maximalwert im Vergleich zur Gegenseite. Bei zwei Patienten lagen beidseitige Humerusschaftfrakturen vor, in diesen Fällen war eine mit der gesunden Seite vergleichende Untersuchung nicht möglich. Bekannte muskuläre oder neurologische Erkrankungen mit Einschränkungen der groben Kraft lagen bei den Patienten vor dem Unfall nicht vor.

In beiden Gruppen deckt sich die Kraftentfaltung annähernd mit der subjektiven Gesamtbewertung. So lag in der konservativ behandelten Patientengruppe eine seitengleiche Kraftentfaltung bei 2 Patienten (12%), eine Einschränkung bis zu 1/3 bei 11 Patienten (64,7%) und eine Einschränkung der Kraftentfaltung über 1/3 bei 4 Patienten (23,3%) vor.

In der operativen Gruppe konnten 29 Patienten (35,8%) seitengleich muskuläre Kraft entfalten, bis zu 1/3 eingeschränkt waren 42 (51,8%) und mehr als 1/3, 10 (12,4%).

Tabelle XII Entfaltung der groben Kraft nach Kwasny-Score (nominal, prozentual und nach Scorewert)

	Seitengleiche Kraftentfaltung = 0 Punkte	Kraftverlust bis 1/3 = 1 Punkt	Kraftverlust bis 2/3 = 2 Punkte
Konservativ, n=17	2 = 12%	11 = 64,7%	4 = 23,3%
Operativ, n=81	29 = 35,8%	42 = 51,8%	10 = 12,4%

4.4. Funktion der angrenzenden Gelenke

Die Beweglichkeit des Schulter - und Ellbogengelenkes wurde nach der Neutral-Null-Methode bestimmt. Festgelegt wurde, dass Patienten ausgeschlossen werden mussten, wenn Einschränkungen der Beweglichkeit im Seitenvergleich unter Berücksichtigung von funktionsbeeinträchtigenden Vorerkrankungen anamnestisch angegeben wurden. Es wurde von den untersuchten Patienten in keinem Fall eine relevante Vorerkrankung in diesem Sinne angegeben. Entsprechend den Bewegungseinschränkungen wurden die Punktwerte nach Kwasny [49] vergeben. In die Gesamtbewertung ging der jeweils höchste Punktwert ein.

Tabelle XIII Funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse nach der Neutral-Null-Methode

	Konservativ N=17	Operativ N=81	UHN antegrad N=11	UHN retrograd N=53	Platte N=4	Fixateur N=10	Prevot N=1	Rush Pin N=1	Zifko N=1
Schultergelenk									
Abduktion/Adduktion									
Ohne Defizit - 0 Pkte.		46		41	2		1	1	1
Defizit bis 10° - 1 Pkt.	1	9	1	6		2			
Defizit bis 20° - 2 Pkte	8	17	6	6	2	3			
Defizit > 20° - 3 Pkte	8	9	4			5			
Schultergelenk									
Ante-/Retroversion									
Ohne Defizit – 0 Pkte.		53		45	2	3	1	1	1
Defizit bis 10° - 1 Pkt.	6	12	3	4	2	3			
Defizit bis 20° - 2 Pkte.	7	14	7	4		3			
Defizit > 20° - 3Pkte.	4	2	1			1			
Schultergelenk									
Außen-/Innenrotation									
Ohne Defizit – 0 Pkte.		59	2	49	3	2	1	1	1
Defizit bis 10° - 1 Pkt.	8	18	7	4	1	6			
Defizit bis 20° - 2 Pkte.	9	3	1			2			
Defizit > 20° - 3 Pkte.		1	1						
Ellenbogengelenk									
Extension									
Defizit < 10° - 1 Pkt.	16	75	11	50	3	8	1	1	1
Defizit < 20° - 2 Pkte.	1	4		1	1	2			
Defizit >20° - 3 Pkte.	0	2		2					
Ellenbogengelenk									
Flexion									
Defizit <20° - 0 Pkte.	17	80	11	53	4	9	1	1	1
Defizit <40° - 1 Pkt.	0	1				1			
Defizit >40° - 2 Pkte	0								

Bei Betrachtung der funktionellen Ergebnisse zeigt sich in der Gruppe der konservativ versorgten Patienten, dass die Einschränkungen der Schulterbeweglichkeit im Vordergrund stehen.

Tabelle XIV Funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse - Nach Gebrauchsfähigkeit (Nacken- und Schürzengriff) numerisch und prozentual

	Konser- vativ N=17	Operativ N=81	UHN antegrad N=11	UHN retrograd N=53	Platte N=4	Fixa- teur N=10	Prevot N=1	Rush Pin N=1	Zifko N=1
Nackengriff möglich	11 / 64,7%	71 / 87,6%	7 / 63,6%	52 / 98,1%	3 / 75%	6 / 60%	1 / 100%	1 / 100%	1 / 100%
Nackengriff unmöglich	6 / 35,3%	10 / 12,4%	4 / 36,4%	1 / 1,9%	1 / 25%	4 / 40%			
Schürzengriff möglich	10 / 58,8%	76 / 93,8%	9 / 81,8%	53 / 100%	4 / 100%	7 / 70%	1 / 100%	1 / 100%	1 / 100%
Schürzengriff unmöglich	7 / 41,2%	5 / 6,2%	2 / 8,2%			3 / 30%			

Im Vergleich der Tabellen X und XIII und XIV zeigt sich, dass der Funktionsverlust nach konservativer Therapie im entsprechenden Schultergelenk nicht den entscheidenden Einfluss auf die subjektive Behandlungszufriedenheit hat. Nur 29,4% (n=5) äußerten eine eingeschränkte subjektive Zufriedenheit (siehe Tabelle X) gegenüber 47% (n=8) die eine Einschränkung der Beweglichkeit über 20° und 35,3% (n=6) der Patienten bei denen der Nackengriff und 41,2% (n=7) der Schürzengriff nicht möglich war.

Die Ellenbogengelenkfunktion war in der konservativ behandelten Patientengruppe weitgehend unbeeinträchtigt, geringfügige und keine Einschränkungen lagen bei der Extension bei 5,9% und bei der Flexion in keinem Fall vor.

In der operativen Gruppe (n=81) überwogen die Patienten ohne und mit geringfügigen funktionellen Einschränkungen des Schultergelenkes (n=55 entspricht 68%). Mittelstarke Einschränkungen lagen bei 21% (n=17) und starke bei 11% (n=9) der Patienten vor. Das entspricht den 9,9% der Patienten mit subjektiver Unzufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis (Tabelle X). Ein deutlicher Unterschied, zum Nachteil der antegraden Implantationstechnik, bezüglich der funktionellen Nachuntersuchungsergebnisse fand sich im Vergleich der retrograd und antegrad mit einem UHN versorgten Patienten. Bei den 11 antegrad mit dem UHN versorgten Verletzten resultierten bei der Schulterfunktion eine Einschränkung bis 10° bei einem Patienten (9,1%), bis 20° bei 6 (54,5%) und über 20° bei 4 Patienten (36,4%). Hier fand sich auch eine entsprechende Einschränkung in der Alltagsgebrauchsfähigkeit, 36,4% (n=4) der Patienten war ein Nackengriff nicht möglich, hingegen war der Schürzengriff nur bei 8,2% (n=2) der Patienten unmöglich.

Bei den retrograd implantierten Humerusnägeln fand sich eine Verteilung von 88,6% (n=47) ohne bzw. mit geringfügigen funktionellen Einbusen und 11,4% (n=6) der Patienten mit Einschränkungen bis 20°. Darüber hinaus lagen keine funktionellen Einschränkungen vor. Hier konnte nur ein Patienten keinen Schürzengriff ausführen (1,9%).

Die Ellenbogengelenk-Funktion war bei den antegrad versorgten Patienten nicht eingeschränkt, während bei den retrograd versorgten Patienten (n=53) die Streckfunktion weniger als 10° bei 94,3% (n=50), bis 20° bei 1,9% (n=1) und über 20° bei 3,8% (n=2) der Fälle reduziert war.

4.5. Beurteilung der Neurologie

Bei 12 Verletzten (10,4%) trat eine primäre Radialisparese auf, 3mal (2,6%) kam es zur Ausbildung einer sekundären Radialisparese. In Abb. 25 ist der klinische Verlauf der Patienten mit primärer Radialisparese bis zur Nachuntersuchung, die bei diesen Patienten zwischen 12 und 14 Monaten nach dem Unfall erfolgte, dargestellt. 9 Patienten mit primären Radialisparesen konnten nachuntersucht werden. Die restlichen 3 Patienten hatten eine vollständige Krankenakte einschließlich der ambulanten Nachbehandlung.

Bei den 12 primären Radialisparesen war in 75% (n=9) eine spontane Restitution eingetreten. Einmal bestand eine inkomplette motorische Radialisparese fort. Dieser Patient wurde in einem neurochirurgischen Zentrum konservativ weiterbehandelt. Bei der Nachuntersuchung fanden sich außer einem Kraftverlust der vom Nervus radialis versorgten Muskulatur (Janda 3) keine weiteren neurologischen Defizite. Bei 2 Patienten verblieb ein Sensibilitätsverlust im Bereich des Nervus cutaneus antebrachii posterior.

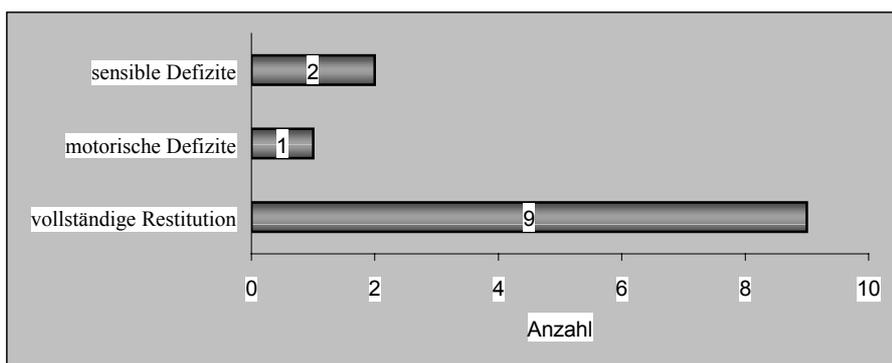


Abb. 25 Spontane Ausheilungsergebnisse und Spätschäden nach primären Radialisläsionen (n=12)

Die sekundären, inkompletten Radialisparesen traten postoperativ jeweils einmal nach antegrader UHN-Implantation, retrograder UHN-Implantation und Plattenosteosynthese auf. Im Rahmen der Nachuntersuchung fand sich bei einem Patienten ein partieller Sensibilitätsverlust im

Versorgungsgebiet des Nervus cutaneus antebrachii posterior nach Plattenosteosynthese. Die beiden anderen Radialisläsionen waren spontan folgenlos ausgeheilt.

4.6. Röntgenergebnisse

Unter Einbeziehung aller konservativ (n=17) und operativ (n=81) behandelter Patienten kam es bei der Nachuntersuchung in 63,2% (n=62) zu einer achsengerechten Ausheilung der Humerusschaftfraktur.

Betrachtet man die operativ behandelten Patienten isoliert, so fanden sich bei 71,6% der Patienten korrekte Achsenverhältnisse. Bei der konservativen Therapie konsolidierten hingegen nur 23,5% der Frakturen in korrekter Stellung. Dabei wurde die Messung des valgischen oder varischen Achsfehlers rein am Röntgenbild vorgenommen, während bei radiologischem Verdacht auf eine Rotationsfehlstellung auch klinisch nach versteckten Rotationsfehlern gesucht wurde. Die Bewertung erfolgte nach den Kriterien der Einteilung nach Kwasny [49]. Dabei erhielten alle Frakturen mit einer Fehlstellung bis 10°, gleich welcher Qualität 1 Punkt, solche mit mehr als 10° 2 Punkte und resultierende Pseudarthrosen (siehe Kapitel 3.2.18.3) 5 Punkte.

Tabelle XV Röntgenergebnisse numerisch, prozentual bei Zustand nach Humerusschaftfraktur

	Gesamt- zahl	achsengerechte Ausheilung	Varisch/ valgisch Fehlstellung bis 10°	Varisch/ valgisch Fehlstellung mehr als 10°	Rotations- fehlstellung <10°	Rotations- fehlstellung >10°
UHN	64	52 (81,2%)	9 (14,1%)	-	3 (4,7%)	
Plattenosteosynthese	4	3	1			
Fixateur	10	2 (20%)	3 (30%)	2 (20%)	2 (20%)	1 (10%)
Zifko	1		1 (100%)			
Rush Pin	1		1 (100%)			
Prevot	1	1 (100%)				
Konservativ	17	4 (23,5%)	5 (29,4%)	4 (23,5%)	3 (17,7%)	1 (5,9%)

Bezogen auf die einzelnen operativen Behandlungsverfahren heilten nach UHN-Anwendung 81,25% der Frakturen in anatomischer Stellung aus. Bei 14,1% (n=9) der Frakturen verblieb eine varisch/valgische Fehlstellung von maximal 10°. In dieser Gruppen traten auch die Pseudarthrosen, bei 6,25% (n=4) der mit einem UHN versorgten Frakturen auf. Nach Behandlung der Pseudarthrosen (siehe Kapitel 3.5.3.) konnte zum Ende des Nachuntersuchungszeitraums die Ausheilung festgestellt werden, dabei verblieb die bis zu 10°ige Fehlstellung bei allen 4 Patienten.

Rotationsfehlstellungen wurden bei 3 (4,7%) Patienten festgestellt. Konsequenzen ergaben sich hieraus nicht. An Frakturtypen fanden sich bei diesen Fehlstellungen 2 A3-, 1 B1-, 2 B2-, 3 B3- und 1 C2-Frakture. Eine Neigung zur Fehlstellung scheint also bei den Keilfrakturen gegeben zu sein (siehe Abb. 26).

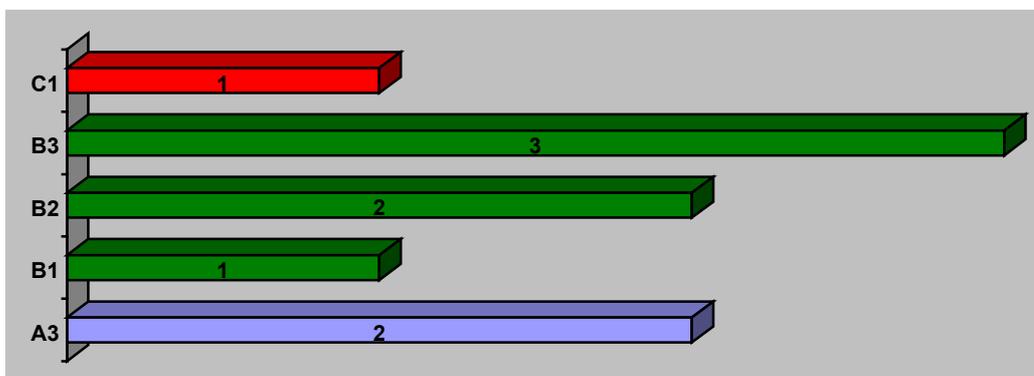


Abb. 26 Verteilung der Frakturtypen nach der AO bei den verbliebenen Achsfehlstellungen nach UHN-Implantation

Bei den angewandten Plattenosteosynthesen resultierte eine bis zu 10gradige Fehlstellung bei der Versorgung einer C1-Fraktur.

Die Fixateurbehandlung führte nur bei 20% (n=2) zu einer anatomiegerechten Konsolidierung. Bei 30% (n=3) kam es zu einer 10gradigen und bei 20% (n=2) der Patienten zu einer höhergradigen varischen/valgischen Fehlstellung. Dabei ließ sich selbst bei den Fehlstellung über 10° mit maximal 18° keine relevante kosmetische oder funktionelle Beeinträchtigung ausmachen. Auch die verbliebenen Rotationsfehlstellungen 20% (n=2) bis 10° und 10% (n=1) bis 20° hinterließen keine kosmetischen oder funktionellen Nachteile. Dabei fanden sich die Fehlstellungen vor allem auf die B (n=2 B2-Frakturen) und C-Frakturen (n=2 C1, n=2 C2 und n=1 C3-Fraktur) verteilt. Zusätzlich trat bei einer A2-Fraktur eine Fehlstellung auf. Es ist jedoch anzumerken, dass der Fixateur ohnehin vor allem bei den B- und C-Frakturen zur Anwendung kam (siehe Tab.VII).

Bei den konservativ behandelten Patienten entstanden varische/valgische Fehlstellungen und die Rotationsfehlstellungen bei 5 A1-Frakturen, 4 B1-Frakturen, 1 B3-Fraktur, 2 C2-Frakturen und 1 C3-Fraktur.

4.7. Gesamtbeurteilung der Nachuntersuchungsergebnisse

Entsprechend den Bewertungskriterien nach Kwasny [83], die in Tabelle IV dargestellt sind, fanden sich bei Betrachtung der nachuntersuchten 98 Patienten 74,4% (n=73) gute und sehr gute Ergebnisse.

In der Gruppe, der mit einem UHN versorgten Patienten (n=64) waren 78,1% (n=50) gute und sehr gute Ergebnisse, 17,1% (n=11) mäßige und 4,8% (n=3) schlechte Behandlungsergebnisse festzustellen. Dabei fiel auf, dass die antegrad versorgten Patienten deutlich schlechtere Ergebnisse aufwiesen. Es lagen nur 18,2% gute und sehr gute Ergebnisse, 54,6% mäßige und 27,2% schlechte Ergebnisse vor.

In der Gruppe der konservativ behandelten Patienten lagen 58,8% (n=10) gute und sehr gute, 11,7% (n=2) mäßige und 29,4% (n=5) schlechte Resultate vor. Vor allem die Patienten im Rentenalter verursachten das beschriebene Ergebnis. Bei diesen 8 Verletzten resultierten 2 gute, 2 mäßige und 4 schlechte Ergebnisse.

Die im Fixateur ausbehandelten Verunfallten zeigten 60% (n=6) gute und sehr gute und 40% (n=4) schlechte Behandlungsergebnisse.

Bei der Plattenosteosynthese lagen 57,2% (n=4) gute und sehr gute sowie 42,8% (n=3) mäßige Behandlungsfolgen vor. Die restlichen Behandlungsmethoden führten in den beschriebenen Einzelfällen zu guten Ergebnissen.

5. Diskussion

In einer retrospektiven Studie wurde die Versorgung von 115 Humerusschaftfrakturen anhand eines Kollektivs von 113 aufeinanderfolgenden, unselektierten Patienten und die Behandlung von 7 extern zugewiesenen Humerusschaftpseudarthrosen analysiert.

Die Auswahl der Behandlungsmethode für den jeweiligen Patienten richtete sich nach frakturspezifischen und operationstechnischen Gesichtspunkten sowie nach individuellen Aspekten.

Die ursprüngliche Intention, Behandlungsergebnisse konservativer und operativer Behandlungsverfahren statistisch fundiert zu vergleichen, ließ sich nicht realisieren, da die Zahl der Einzelkriterien zu groß war und die unterschiedlichen Fallzahlen einen statistisch eindeutigen Vergleich nicht zulassen. Daher sind Einschränkungen bezüglich der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse nicht auszuschließen.

Die Diskussion um die optimale Therapie der Humerusschaftfraktur ist nicht beendet. Ob konservativ oder operativ behandelt werden sollte, hängt nicht allein von der Frakturlokalisierung, den Weichteilverhältnissen oder vom Frakturtyp ab, es wird der Therapieplan auch von den begleitenden individuellen Begleiterkrankungen und den zusätzlichen Verletzungen mitbestimmt. Der Humerus ist der Röhrenknochen mit den häufigsten Nervenbegleitverletzungen [93]. Stellt sich bei den proximalen Plexusläsionen vor allem die Frage der späteren Revision, sind die Meinungen bei der Behandlung der primären Radialisparese uneinheitlich.

Zunehmend fließen in die Entscheidungsfindung neben rein medizinischen Sachverhalten auch soziale, berufliche und persönliche Umstände des Patienten mit ein. So zeigte sich in zunehmenden Maße, dass die Patienten, denen auch die konservative Therapie vorgeschlagen wurde, sich für die operative Behandlung entschieden. Vor allem die jüngeren Patienten und Verletzte nach Arbeitsunfällen legten Wert auf eine rasch wiedererlangte Gebrauchsfähigkeit unmittelbar nach dem Unfall. Diese ist bei optimaler Versorgung noch am Unfalltag mit dem UHN schon 3 Tage postoperativ unter Ausschluss der passiven Rotation möglich. Der höhere Patientenkomfort einer osteosynthetisch versorgten Humerusschaftfraktur resultiert vor allem aus der immobilisationsfreien Nachbehandlung.

Die Vorzüge der nicht operativen Therapie sind die relativ zuverlässige Heilung, die niedrige Komplikationsrate und die geringen Behandlungskosten [43]. Es kann jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass jede konservative Behandlung zunächst mit einer mindestens 8-21 tägigen, Immobilisierung (softcastverstärkter Desaultverband) des betroffenen Armes einschließlich der angrenzenden Gelenke begonnen wird [9]. Diese primäre Ruhigstellung widerspricht der heute

mehrheitlich favorisierten Auffassung, möglichst frühzeitig die Funktion der verletzten Extremität wieder freigeben zu wollen.

Nach den Erfahrungen mit unseren Patienten (siehe Kap. 3.4.4.) begleiten die konservative Therapie häufig schwer zu tolerierende Probleme, wie zum Beispiel Beklemmungsgefühl nach Anlage des verstärkten Desault'schen Verbandes, lästigen Hautreaktionen, auftretende Redislokationen und erforderliche Verbandskorrekturen, Funktionseinschränkungen der angrenzenden Gelenke und schließlich auch die Gefahr verzögerter Knochenheilungsprozesse mit der Folge einer notwendigen operativen Revision. Die Pseudarthrosenhäufigkeit bei der konservativ-frühfunktionellen Behandlung wird in der Literatur mit 1-11% angegeben [41,86]. In unserem Patientengut lag die Pseudarthrosenhäufigkeit mit 14,2% darüber, was am ehesten auf die vergleichsweise geringen Patientenzahlen zurückzuführen ist.

Die konservative Standardtherapie der Humerusschaftfraktur wurde durch L. Böhler begründet. Er prägte den bis in die heutige Zeit zum Teil noch zitierten Leitspruch „Am Humerusschaft darf nicht operiert werden...“[5]. Ganz im Widerspruch dazu stellen sich in der aktuellen Literatur die Patientenzahlen bezogen auf die Therapieform dar. Eine Analyse der Therapieverfahren in der modernen Literatur zeigte, dass in jüngster Zeit kaum noch Studien zu finden sind, die ausschließlich über die Ergebnisse konservativer Behandlungsabläufe berichten. So wurden von Fasol (1983) et al. [24] 286 behandelte Oberarmschaftfrakturen noch zu 97,2% konservativ versorgt. Sarmiento [86] beschreibt in seinem Standardwerk aus dem Jahre 1984 ausschließlich 85 Brace-Behandlungen. In der aktuellen Literatur stehen die operativ versorgten Oberarmschaftfrakturen deutlich im Vordergrund, dabei ist die Wahl des geeigneten Osteosyntheseverfahrens nach wie vor Gegenstand kontroverser Diskussionen [17]. Nast-Kolb berichtet über 56% [66], Kwasny et al. [49] über 71%, Winker et al. [110] über 78% und Heim et al. über 100% [32] operative versorgte Humerusschaftfrakturen im jeweiligen Patientengut.

In der eigenen Studie wurden 81,7% der Verunfallten operativ versorgt. Noch bis Anfang der 90iger Jahre stand der konservativen Therapie ausschließlich die Plattenosteosynthese nach den Richtlinien der AO als operatives Verfahren gegenüber. Als intramedulläres Operationsverfahren wurde bis dahin die Bündelnagelung nach Hackethal häufig angewendet. Mit Einführung des Seidelnagels, der dem Problem der Rotationsstabilität im Vergleich zu den anderen intramedullären Systemen mehr Rechnung trägt, kam es zunehmend zur Verwendung dieses Nagelsystems. Jedoch fand auch dieser Nagel Kritiker und keine allgemeine Verbreitung. Die erforderliche Schaftaufbohrung widerspricht der Forderung, die Knochenbruchheilung möglichst wenig durch Traumatisierung der Knochendurchblutung zu stören.

Durch die Entwicklung neuer intramedullärer Kraftträger, wie z.B. den unaufgebohrten, rotationsstabilen Humerusnagel (UHN), ist der Plattenosteosynthese als operatives

Standardverfahren in der Behandlung von Humerusschaftfrakturen eine ernste und sehr erfolgreiche Konkurrenz entstanden [8].

Nach Einführung des UHN Anfang 1996 in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der Martin-Luther-Universität Halle/Saale setzte sich die intramedulläre Stabilisierung gegenüber der Plattenosteosynthese und der konservativ-funktionellen Therapie systematisch durch. Die funktionelle Nachbehandlung ist für den Patienten in der Regel komfortabel und von äußerlicher Ruhigstellung frei. Im Rahmen dieser Studie wurden 55,6% der Patienten mit einem UHN versorgt. Dabei ist festzuhalten, dass zunächst der UHN nur zögerlich eingesetzt wurde. Gerade in der Phase der „learning curve“ hielt man sich streng an die weiter oben dargestellten absoluten Operationsindikationen. Erst als die Probleme der Implantationstechnik erkannt, kritisch bewertet und schrittweise gelöst wurden, entwickelte sich der UHN allmählich zur Behandlungsmethode der Wahl. Immer häufiger wurden jetzt die UHN-Anwendungen auf die relativen Operationsindikationen ausgedehnt.

Vor allem wegen des besonderen Patientengutes eines Krankenhauses der Maximalversorgung mit dem hohen Anteil an Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen entspricht der UHN den Anforderungen der modernen Unfallchirurgie, (siehe dazu Abb. 7). Bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten kann zunächst über eine möglichst frühe, quasi definitive Reposition der Fraktur und anschließende Fixateur-externe-Retention kostbare Zeit in der Primärversorgung gewonnen und Stabilität hergestellt werden. Sekundär ist die Marknagelosteosynthese dann in das Behandlungskonzept eingebunden.

Für adipöse Patienten stellt die Marknagelosteosynthese eine eindeutige Verbesserung dar. Nicht nur im eigenen Patientengut fanden sich bei den im Brace behandelten Patienten Hautmazerationen und daraus folgende Korrekturen am Brace mit resultierender Dislokation der Frakturen in 75% der Bracebehandlungen bei Adipositas. In der Literatur werden Druckstellen und Hautmazerationen mit mehrfachen Änderungen am Brace bis zu 19,4% beschrieben [29,56]. Nicht außer Acht gelassen werden sollte, dass die funktionelle Therapie nach Sarmiento im Oberarmbrace im Vergleich zur operativen Therapie in der Anfangsphase für den Patienten sehr schmerzhaft ist und bei Adipositas, mangelnder Compliance sowie komplizierten sehr kopfnahen Frakturen ihre Grenzen erreicht [56].

Gute Erfahrungen konnten im eigenen Patientengut bei der operativen Versorgung in der Gruppe der chronisch Alkoholkranken, die in 64,2% der Fälle mit einem UHN versorgt wurden, gemacht werden. Entgegen den Erkenntnissen anderer Autoren [70], die Materialbrüche beobachteten, konnten diese Patienten nach kurzer Hospitalisationsphase in die ambulante Weiterbehandlung entlassen werden. Bei allen Patienten kam es zur Ausheilung der Fraktur. Komplikationen waren im Verlauf nicht zu beobachten.

Im Laufe der zunehmenden Anwendungen des UHN lagen bereits nach relativ kurzer Anwendungsdauer die Vorteile der Marknagelosteosynthese im Vergleich zur Plattenosteosynthese, wie kleinerer Operationszugang mit Reduktion des Weichteiltraumas, biologische Frakturversorgung und seltene sekundäre Radialispareesen, auf der Hand. Die hauptsächliche Intention, die Plattenosteosynthese nur noch ganz gezielt einzusetzen, liegt in der Reduktion der operativen Radialisläsionen begründet. In der Literatur schwanken die Angaben über sekundäre Radialispareesen bei der Plattenosteosynthese am Humerusschaft zwischen 0 - 29% [32,68,91]. Im eigenen Patientengut traten sekundäre inkomplette Radialispareesen im Zusammenhang mit 3 (3,1%) operativen Frakturversorgungen auf. Einmal nach Plattenosteosynthese (n=11) und zweimal nach UHN-Implantation (n=64). Bezogen auf die jeweilige Behandlungsform traten sekundäre Radialisläsionen in 9% der plattenosteosynthetisch versorgten Patienten auf, was im unteren Bereich der Literaturangaben liegt. Die Rate von 3,1% sekundärer Radialisläsionen, der mit einem UHN versorgten Patienten, liegt im Bereich, der in der Literatur angegebenen 0 - 6,3% [35,59,81,107,114], ursächlich kommen hier Traktionsschäden beim Umlagern und Distractionen durch den Einschlagvorgang in Betracht. Ein verbleibendes neurologisches Defizit nach den UHN-Anwendungen war nicht nachweisbar. Es wird gegenwärtig über den Einsatz der intraoperativen Endoskopie bei der Nagelung nachgedacht, um die Rate der iatrogenen Schädigung zu senken [114].

Dass die Humerusschaftfraktur eine eher seltene Fraktur der langen Röhrenknochen in den westlichen Industriestaaten darstellt, belegen die 1%, die in der Literatur bezüglich der Inzidenz angegeben werden [30,43,89]. Auch die Zusammensetzung dieses Patientengutes wie z.B. ein mit 78,8% hoher Anteil an Verunfallten im arbeitsfähigen Alter, insgesamt 39 Frakturen die im Rahmen eines Arbeits- Wegeunfalles auftraten, sowie der hohe Anteil an Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen (64,7%) zeigen, dass Humerusschaftfrakturen häufig nicht infolge von Gelegenheitsunfällen auftreten.

Um zu beurteilen, für welche Frakturtypen nach AO-Klassifikation die Marknagelosteosynthese besonders geeignet ist, kann nur eine prospektiv angelegte Studie eindeutige Aussagen ergeben. In unserer Studie erfolgte der Einsatz des UHN nach individueller Indikationsstellung und nach dem zunehmenden Erfahrungsschatz von insgesamt 12 verschiedenen Operateuren. Anhand der 64 versorgten Patienten lässt sich jedoch ein Trend ablesen. Wie von L. Böhler [5,7] bereits beschrieben, überwiegen die einfachen Frakturformen nach der AO-Klassifikation Typ A und Typ B, die im eigenen Patientengut 80% ausmachen. In Abb. 11 ist die Verteilung der angewandten Therapie entsprechend den Frakturtypen dargestellt. Bei Betrachtung der 64 mit einem UHN versorgten Patienten zeigt sich bei den 53 retrograd implantierten Marknägeln 48 (90,5%) gute und sehr gute und 5 mäßige (9,5%) Nachuntersuchungsergebnisse nach den Bewertungskriterien von Kwasny [49], die nicht nur die Funktion sondern auch Röntgenbefund, Schmerzintensität und

neurologische Defizite unter anderem mit berücksichtigen (Tab. VI). Die 11 antegrad versorgten Patienten zeigten vor allem deutlich schlechtere funktionelle Ergebnisse (Tab XII). Hier resultierten in der Gesamtbetrachtung nur 18,2% gute und sehr gute Ergebnisse, 54,6% mäßige und 27,2% schlechte Ergebnisse. Die Indikation zur antegraden Implantationstechnik wurde bei Frakturen gestellt, die weit distal im Humerusschaft lokalisiert sind bzw. weit nach distal auslaufen. Die Intention bei diesen Frakturen, die retrograde Nagelosteosynthese nur eingeschränkt anzuwenden, geht auf die intraoperativen Komplikationen bei der Implantation zurück. Die eigenen Ergebnisse zeigen bei 9,3% (n=6) der Patienten dorsale Fragmentausbrüche an der Nagelinsertionsstelle. Zu deren Vermeidung kommen hier zwei Aspekte in Betracht. Einerseits sollte eine ausreichende Knochenbrücke zwischen Nagelinsertionsstelle und der Fraktur bestehen. Weiterhin muss beim Aufbohren der Nagelinsertionsstelle und der sich anschließenden Formung des nach kranial ansteigenden Insertionskanals auf einen genügend flachen Winkel geachtet werden. Der UHN muss ohne Aufwendung von Hebelkräften und grobe Kraft einzubringen sein.

In Arbeiten über die Anwendung des Seidelnagels fand sich resümierend keine Funktionsbeeinträchtigung [107] bei gleichem antegraden Operationszugang. Die Autoren weisen aber auf exakte Implantation hin, denn schon ein ungenügendes Einbringen des Nagels verursacht, wie auch bei unkorrekter Anwendung des UHN, eine Impingementsymptomatik. Prinzipiell soll ein antegrad eingebrachter Nagel nicht zu weit medial oder lateral des Tuberculum majus eingeschlagen und tief genug versenkt werden [107]. Künftig sollte eine präoperativ sonographische Darstellung der Rotatorenmanschette im Gesamtkonzept der Diagnostik mit überdacht werden. Es konnte in einer Arbeit von Heinsen gezeigt werden, dass 10 von 36 Patienten bereits eine Rotatorenmanschettenruptur aufwiesen [34].

Bei der Gesamtbetrachtung der in dieser Studie analysierten antegraden und retrograden Implantation sind 78,1% gute und sehr gute, 17,1% mäßige und 4,6% schlechte Ergebnisse festzuhalten. Ein Literaturvergleich war bezüglich der Nachuntersuchungsergebnisse nur erschwert möglich, da die Vielzahl der Veröffentlichungen nur die funktionellen Ergebnisse wiedergeben und diese häufig auf die Angaben der guten und sehr guten Ergebnisse beschränkt sind. In ähnlich angelegten Arbeiten unter Verwendung von Bündelnägeln zeigten sich 80% gute und sehr gute Ergebnisse bis zu 9% mäßige und 11% schlechte Ergebnisse [81,91]. Ergebnisse mit dem retrograd implantierten Russel-Taylor-Nagel [3,34] erbrachten im Durchschnitt 88% gute und sehr gute 7% mäßige und 3% schlechte Ergebnisse. Studien konservativer Behandlungsverfahren zeigten gute und sehr gute Ergebnisse bis 96% [67]. In anderen Studie wurden 78,3% gute und sehr gute, 18,3% mäßige und 3,4% schlechte Ergebnisse beschrieben [29]. Die Ergebnisse der eigenen Patienten zeigten nach Auswertung 58,8% (n=10) gute und sehr gute, 11,7% (n=2) mäßige und 29,4% (n=5) schlechte Resultate.

Die Gesamtergebnisse der eigenen mit einem UHN stabilisierten Frakturen entsprechen denen anderer Verfahren, betrachtet man jedoch ausschließlich die retrograd implantierten Marknägel ist ein deutlicher Qualitätssprung zu verzeichnen.

In der prospektiven Sammelstudie der deutschen Sektion der AO-International von 1994 wurden 302 Oberarmchaftfrakturen erfasst. Dabei wurden für vergleichbare Frakturtypen die Ergebnisse nach operativer und konservativer Behandlung einander gegenübergestellt. Beide Verfahren zeigten gute funktionelle Ergebnisse, wobei das etwas schlechtere Abschneiden der operativen Verfahren auf den höheren Anteil lokaler und allgemeiner Zusatzverletzungen zurückgeführt werden konnte [66]. Anhand der radiologischen Kontrollergebnisse fanden sich bei stabiler Frakturdurchbauung sowohl bei den konservativ und den operativ behandelten Patienten noch erkennbare Frakturspalten [66]. Diese AO-Sammelstudie sollte nach Einführung und etwa 5jähriger Arbeit mit einem neuen Implantat, wie der UHN eines ist, wiederholt werden. Da nur über eine prospektive Studie die jahrzehntelange Diskussion zu klären ist, welche Methode bei der Behandlung von Humerusschaftfrakturen für den Verletzten den besten Benefit bringt.

Im folgenden soll auf die im Ergebnissteil bereits dargestellten Komplikationen bei der Behandlung von Humerusschaftfrakturen eingegangen werden.

Die in dieser Studie insgesamt 12 primären Radialispareesen (10,4%) liegen im Bereich der in der Literatur angegebenen 5 – 34% [11,50,59,68,112]. In der Literatur der letzten Jahre findet sich bezüglich der primären Revisionsoperation des Nervus radialis ein nach wie vor uneinheitliches Bild, wenn auch in jüngster Zeit ein verstärkter Trend zum operativen Vorgehen nicht zu übersehen ist [71]. Die Mehrheit der Autoren spricht sich für eine rasche operative Revision aus [11,42,50,51,59,68,99]. Dagegen spricht eine beschriebene spontane Remissionsrate von über 90% [5,7,74]. In Studien, die über Kontinuitätsunterbrechungen berichten, fanden sich bei Siebert et al. [99] 5 von 19 Paresen und bei Brug et al. [11] 5 Durchtrennungen und 2 Einklemmungen bei 47 Lähmungen. Bei anderen Autoren waren Durchtrennungen die Ausnahme. Viel häufiger sind Traktionsschäden die je nach Schweregrad als Neurapraxie oder Axonotmesis auftreten. In der Literatur finden sich keine Aussagen über das konkrete Vorgehen in den Fällen der Überdehnung des Nerven. Somit steht der Operateur immer wieder vor der Frage, wie er sich bei dem Anblick eines überdehnten Nerven verhalten soll. Eine Resektion und Nerveninterposition (N. suralis) ist bei einer hohen spontane Remissionsrate unnötig und zeigt außerdem häufig schlechtere Ergebnisse [109].

Die eigenen Ergebnisse zeigten eine spontane Remission in 75% der Fälle bei primär geschlossener Fraktur und primärer Nagelung. Bei einem Patienten verblieb eine motorische Schwäche. 3 Patienten ließen dauerhaft sensible Defekte im Radialisversorgungsgebiet erkennen. Im eigenen Patientengut wurde zunächst eine geschlossene Frakturversorgung durchgeführt und bei intensiver elektrophysiologischer Anregung des Nerven sowie regelmäßigen EMG-Kontrolluntersuchungen

bezüglich der Radialisparese zunächst abgewartet. Es wird die frühsekundäre Revision nach 8 Wochen empfohlen [109], wenn keine Besserung eingetreten ist. Somit wird die primäre Nervenrevision nur bei offenen Frakturen mit Parese und bei sekundären Radialisplegien durchgeführt. Hier ist in der Zukunft abzuwarten ob die endoskopisch kontrollierte Stabilisation von Humerusschaftfrakturen, wie sie in einer neueren Arbeit von Zobrist [114] inauguriert wird, auch bei primären Radialispareesen genutzt werden kann.

Bezüglich der postoperativen Infektion stellt der Fixateur mit 41,6% seiner Anwendungen das komplikationsträchtigste operative Verfahren dar. Die 12 Anwendungen in dieser Studie waren initial, gerade wegen des Wissens um die hohe Pin-Trakt-Infektionsrate, nicht als definitives Behandlungsverfahren gedacht. Es zeigte sich jedoch im klinischen Verlauf, dass z.B. die 2 chronisch Alkoholkranken die am Unfalltag delirant waren, nach primärer suffizienter Reposition und Retention gut mit dem Fixateur zurecht kamen. Nach 5 Wochen waren die Frakturen „abgebunden“ und ein schützender Brace wurde noch für 3 Wochen angelegt. Die 6 Polytraumatisierten dieser Gruppe wurden im Rahmen der Erstversorgung mit einem Fixateur versorgt. Aufgrund der schweren Verletzungen und einer Langzeitintensivpflege bei schlechtem Allgemeinzustand konnte die Definitivversorgung nicht zeitgerecht erfolgen. Trotz täglicher Pinpflege traten in dieser Gruppe 60% der Pin Trakt Infektionen nach einem Zeitraum von 3 – 4 Wochen auf. Die zu fordernde anatomisch nahezu exakte Reposition in der Primärversorgung war die Grundlage, dass diese Frakturen nach Abnahme der Fixateure im Brace ausheilten.

Im Rahmen der UHN-Anwendungen kam es in 3 Fällen (4,6%) zu Wundheilungsstörungen im Bereich des Operationszuganges die folgenlos ausheilten, (siehe Abb. 18). Tiefere Weichteilinfekte oder Osteitiden fanden sich nicht. In der Literatur finden sich nach Plattenosteosynthesen 0 – 15,7% [8,30,47,73,99] Weichteilinfektionen und 0 – 4,9% [47,73] Osteitiden, nach Marknagelungen Weichteilinfekte von 0 – 6,3% [42,56,81,92,95,107] und nach Bündel- oder Prevotnagelungen 0 – 1,6% [71,91]. Unsere eigene Wundinfektionsrate liegt damit im Mittel der in der Literatur angegebenen Häufigkeit.

Bei den 115 Frakturen dieser Studie traten insgesamt 7 Pseudarthrosen auf, das entspricht 6,1%. Weiterhin wurden 7 Pseudarthrosen behandelt, die in anderen Einrichtungen primär versorgt wurden. Einheitlich besteht die Meinung, dass die Behandlung der Humerusschaftpseudarthrose, die gleichermaßen bei konservativer oder operativer Primärtherapie entsprechend den Angaben in der Literatur in 0,5-11% auftritt [41,45,67,76,78,], schwierig ist. In unserer Studie resultierten nach UHN-Anwendungen 4 Pseudarthrosen (6,25%) und nach konservativer Therapie 3 Pseudarthrosen (14,2%). Damit lag die Pseudarthrosenhäufigkeit bei den mit einem UHN versorgten Patienten im mittleren Bereich der in der Literatur angegebenen Inzidenz, bei den konservativ behandelten Patienten darüber.

Oftmals machen sich mehrfache chirurgische Interventionen nötig. Vorübergehend ist eine zusätzliche Ruhigstellung der angrenzenden Gelenke erforderlich. Es resultieren häufiger Gelenkversteifungen. Die Wahrscheinlichkeit, eine Nervus-Radialis-Verletzung zu provozieren, steigt mit der Revisionsfrequenz. Trotz Ausschöpfung aller chirurgischer Möglichkeiten, scheinen einige Pseudarthrosen jedweder Therapie gegenüber resistent zu sein und bleiben als solche bestehen [61]. Nach dem von Nast-Kolb et al. 1997 erhobenen Vergleich der ursprünglichen Therapie von 284 Pseudarthrosen lässt sich ein geringfügiger Unterschied zugunsten der operativen Therapie im Vergleich zur konservativen Behandlung nachweisen. Im eigenen Patientengut wurden 6 der 7 eigenen Pseudarthrosen operativ versorgt und heilten aus. Ein konservativ behandelter Patient entzog sich der weiteren Therapie und der Nachuntersuchung,

Nach der Frakturklassifikation der AO lagen die bei uns entstandenen UHN-assoziierten-Pseudarthrosen je einmal bei Typ 12A11, 12B13, 12B32 und 12C23 vor. Auffällig ist, dass 3 der Pseudarthrosen nach initial antegrader Implantation auftraten. Fehleranalytisch lässt sich in zwei Fällen eine ungenügende axiale Kompression mit nachfolgender Diastase feststellen, in den Fällen der Typ B und C – Fraktur nach der AO-Klassifikation sind Fragmente mit fraglicher Vitalität als Ursache zu diskutieren.

Bei der Behandlung der bei uns entstandenen insgesamt 7 Pseudarthrosen (2x hypertroph, 5x atroph) und den von extern primär versorgten 7 Fällen (6x hypertroph, 1x atroph) wurden in erster Linie die technischen Möglichkeiten des UHN-Instrumentariums genutzt. Dabei war der Kompressionsaufsatz des UHN eine ideale Hilfe, eine exakte Fragmentannäherung und den für die Stabilisierung nötigen Druck zu erzielen. Voraussetzung bei der Behandlung der atrophen Pseudarthrose ist die Resektion bzw. Anfrischung der avitalen Fragmente und die Auffüllung des Defektes mit bzw. Anlagerung von Beckenkammspongiosa [9]. Zusätzlich ist operatives Ziel die Herstellung adäquater Stabilität. Nach den Erfahrungen in der Behandlung der in der eigenen Klinik entstandenen Pseudarthrosen sowie der zugewiesenen Fälle erwies sich der UHN mit der Möglichkeit des Kompressionsaufsatzes als gute Behandlungsmethode. Therapieversager traten bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht auf. Insgesamt konnten mit dem UHN und dem zugehörigen Implantationssystem 13 der 14 Pseudarthrosen des Humerusschaftes erfolgreich behandelt werden. Damit ist neben dem elastischen auch das statische, rigide Stabilisierungsprinzip des UHN in seiner Bedeutung hervorgehoben.

Gerade in der Zeit der Methodeneinführung, der „learning curve“ kam es zu Fehlern, Problemen und Komplikationen im handling des Nagelsystems wie in Abb. 22 dargestellt. Beim Studium der Literatur fallen nahezu bei allen Veröffentlichungen technische Probleme bei der Anwendung von intramedullären Verriegelungsnagelsystemen am Humerusschaft auf. Die Häufigkeit dieser intraoperativen Komplikationen wird zwischen 6,25% und 47,6% [35,59,81,83,107] beschrieben. Sie bleiben, wie im eigenen Patientengut gezeigt, in der Regel ohne Folgen für den Patienten. Im

eigenen Patientengut traten diese Komplikationen bei 34,3% der Fälle auf. Diese Zahlen verdeutlichen, dass bei neu eingeführten Nagelsystemen, ähnlich dem zahlreich angewandten UTN (unaufgebohrter Tibianagel) oder UFN (unaufgebohrter Femurnagel) eine Zeit des Sammelns von Erfahrungen unabdingbar notwendig ist. Für einen Vergleich mit anderen intramedullären Operationsmethoden wie z.B. Prevot- oder Bündelnägeln oder zur Plattenosteosynthese ließen sich beim Literaturstudium keine verwertbaren Zahlen finden.

Differenziert anhand der eigenen intraoperativen Probleme betrachtet, gehen bereits 45,4% aller intraoperativen Komplikationen zu Lasten der Fehlverriegelung in Freihandtechnik mit dem röntgendurchlässigen Winkelbohrgetriebe. Dieses Problem ist nicht dem neuen Nagelsystem oder der Anatomie des Humerusschaftes zuzuordnen, da es auch bei Verwendung des UTN und UFN auftritt. Die Probleme der Freihandverriegelung waren gleichmäßig auf den Untersuchungszeitraum verteilt und sind dem jeweiligem Operateur seiner Erfahrung und seinem Geschick zuzuordnen.

Aus ähnlichen Gründen kam es durch einen ungenügend weiten knöchernen Zugang und einen zu steilen Bohrwinkel an der Nagelinsertionsstelle bei der retrograden Operationstechnik, also iatrogen zu kortikalen Fragmentausbrüchen im Bereich des Nageleintritts. Als technisch schwierig, in der Literatur beschrieben, gestaltet sich die Erzielung dieses geeigneten Bohrwinkels von etwa 10-15°. Hier ist unbedingt von grober Gewalt abzusehen, da sonst das Ausbrechen von zusätzlichen Fragmenten vorprogrammiert ist. Auch iatrogen verursachte Frakturen, Sprengungen des distalen Humerus sind in der Literatur beschrieben [56]. Dieses Problem konnte nach anfänglich wiederholtem Auftreten mittlerweile durch genügend weites Auffräsen der Insertionsstelle im richtigen Winkel vollständig gelöst werden. Funktionelle Konsequenzen resultierten daraus nicht. Auch die Schaftsprengungen bei zwar osteoporotischen Knochen im eigenen Krankengut stammen aus der Zeit der ersten UHN-Anwendungen. Hier lässt sich fehleranalytisch anmerken, dass der in der Markhöhle verklemmte Nagel mit Hammerschlägen weiter vorangetrieben wurde. Der Wechsel auf einen dünneren Nagel hätte das Problem sicher verhindern können, wenn auch beim osteoporotischen Knochen die Wahrscheinlichkeit solcher iatrogenen Verletzungen prinzipiell besteht.

Bei den insgesamt 53 retrograden UHN-Anwendungen kam es in 16,9% der Fälle zu ektopen Ossifikationen im Insertionsgebiet des Nagels. Die Knochenneubildungen traten nur nach der Versorgung der frischen Schaftfrakturen auf. In der Literatur finden sich kaum Zahlen über ähnliche ektopy Ossifikation nach retrograder Nagelimplantation. Beschrieben wurden subacromiale Verkalkungen nach antegrader Implantation von Seidelnägeln in Arbeiten von Ulrich et al. in 40% [106] und Ruf et al. in 15,7% [83] der Anwendungen. Funktionelle Einschränkungen der Ellenbogengelenkfunktion bzw. eine klinische Beschwerdesymptomatik im Gelenkbereich resultierten bei 3 Patienten. Bei einem Patienten erfolgte die Resektion der ektopen Ossifikationen,

woraufhin das Streckdefizit von 25° auf 10° reduziert werden konnte. Die histologische Aufarbeitung dieser Ossifikationen konnte noch nicht umgesetzt werden. Diese ektopen Verkalkungen traten ausschließlich bei polytraumatisierten Patienten mit begleitendem Schädelhirntrauma auf. Die resultierenden Bewegungseinschränkungen im Ellenbogengelenk wirken sich in der Gesamtbewertung nach Kwasny [49] nicht einschlägig negativ aus. Es steht jedoch zur Diskussion, wie künftig dem Auftreten der ektopen Ossifikationen mit einem retrograden UHN versorgten polytraumatisierten Verletzten entgegengewirkt werden kann. Die prophylaktische Einnahme bzw. Gabe nichtsteroidaler Antirheumatika im Rahmen der Primärbehandlung intensivpflichtiger Patienten sollte erwogen werden. In diesem Zusammenhang sollten im Form einer multizentrischen Studie größere Patientenzahlen gesammelt werden, um eine Vergleichbarkeit nicht nur der Ergebnisse sondern auch verschiedener Behandlungskonzepte zu erzielen. Um ein Implantat mit ausreichender Sicherheit beurteilen zu können, sollten außer vom Entwickler [42] auch von Anwendern Zahlen vorliegen, die im asymptotischen Teil der sog. „learning curve“ liegen. Dies ist eher bei $n > 100$ als bei $n < 20$ der Fall [83]. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die resultierenden Funktionseinschränkungen des Ellenbogengelenkes nur aus dem Gesamtbezug zur Schwere der Verletzung gesehen werden sollte. Unter anderem die Vorteile im pflegerischen Umgang mit dem Patienten und bei der Mobilisierung auf der Intensivstation stehen den Problemen mit dem UHN gegenüber. Die im eigenen Patientengut bis zum Ende des Untersuchungszeitpunktes einmalig, wegen zu erheblicher Bewegungseinschränkung erforderliche operative Exstirpation sollte nicht prinzipiell die angestrebte Therapie sein. Die Kombination mit einer Arthrolyse verbessert letztlich mit einem aggressiven postoperativen krankengymnastischen Übungsprogramm auch langfristig die Funktion. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen die Aussage zu, dass bei Humerusschaftfrakturen die retrograde Marknagelosteosynthese mit dem UHN ein gutes und schonendes (biologisches) Frakturbehandlungsverfahren darstellt.

Die Anwendung des UHN stellt nicht nur aufgrund ihrer Vorteile (kleiner, frakturferner chirurgischer Zugang, vergleichsweise einfache Implantationstechnik) eine empfehlenswerte Alternative zur Plattenosteosynthese dar, sondern auch aufgrund ihrer relativ geringen Komplikationsrate im Vergleich zur Brace-Behandlung. Komplikationen unter konservativer Therapie, z.B. Redislokationen oder nicht tolerierbare Fragmentdiastasen stellen wie bei Kelsch [42] in etwa ¼ der Fälle die Indikation zum Verfahrenswechsel dar. Die konservative Therapie ist nicht immer problemlos durchführbar, ist aber nach wie vor von wesentlicher Bedeutung vor allem für die unkomplizierten Monotraumata. Sie erfordert ebenso wie die operative Therapie ein hohes Maß an Erfahrung. Die korrekt durchgeführte konservativ-funktionelle Therapie ist anspruchsvoll und hängt im entscheidenden Maß von der Compliance des Patienten ab [49].

Der UHN hat sich in unserer Hand bei den absoluten und relativen Operationsindikationen gerade bei den Problempatienten (Alkoholranke, Adipöse, Hochbetagte und Polytraumatisierte) bei relativ niedrigem operativen Risiko und hoher Erfolgsicherheit bewährt. Die Technik der unaufgebohrten Marknagelung kann im Sinne eines Fixateur interne, aufgrund der Erfahrungen mit den pathologischen Frakturen gleichermaßen für stabilitätsgefährdende Osteolysen empfohlen werden. Allgemein ist die retrograde Implantationstechnik zu empfehlen. Die axiale Kompression mit dem dazu vorhandenem Kompressionsaufsatz sollte bei geeigneten Frakturen großzügig eingesetzt werden. Auch bei Humerusschaftpseudarthrosen führt die unaufgebohrte Verriegelungsnagelung bei Betrachtung aller Kausalkriterien zu einer sicheren Heilung und guten funktionellen Ergebnissen.

Es bleibt am Ende die Frage, ob in der heutigen Zeit noch immer der Grundsatz gilt, dass die konservative Therapie die Standardtherapie der Oberarmschaftbrüche darstellt. Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit schließen wir uns der Auffassung der Arbeitsgruppen Schweiberer et al. [67] und Bonnaire et al. [8] an, dass dies nicht mehr in dieser Form Gültigkeit besitzt. Anhand der Literaturlaufarbeitung der letzten Jahre stehen die operativen Behandlungsformen der unterschiedlichsten Art im Vordergrund obwohl die einzelnen Arbeitsgruppen zunächst immer darauf verweisen, dass die konservative Therapie als Standardtherapie bei der Behandlung der Oberarmschaftbrüche anzusehen sei.

6. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war es, Ergebnisse eines kurz zuvor neuentwickelten Marknagels nach Einführung in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der Martin-Luther-Universität Halle/Saale auszuwerten und ihn mit den alternativen Behandlungsverfahren der eigenen Klinik sowie der Literatur zu vergleichen. Es sollte Stellung genommen werden zu der in der Literatur überlieferten Auffassung, dass die konservative Therapie bei der Humerusschaftfraktur die Standardtherapie darstelle und das speziell vor dem Hintergrund des Überwiegens der operativen Versorgung im aktuellen Schrifttum.

Es wurden in einem Zeitraum vom 01.01.1996 – 30.11.1999 113 Patienten mit 115 Humerusschaftfrakturen und 7 in anderen Einrichtungen vorbehandelte Humerusschaftpseudarthrosen stationär und teilweise ambulant behandelt. Das Durchschnittsalter des Patientenkollektivs betrug 39,8 Jahre. Das Verhältnis der Frauen zu den Männern betrug 1:1,7. Bei den Unfallursachen lagen private Unfälle in 65,4% und Arbeitsunfälle in 34,6% vor. In 60% der Fälle kamen Stürze zum Teil aus größerer Höhe und in 35,3% Verkehrsunfälle vor.

Bei 65,7% der Patienten lagen Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen vor. Es handelte sich insgesamt um 33,6% polytraumatisierte Patienten, jeweils 14,1% chronische Alkoholranke und Patienten mit Adipositas per magna und um 4,4% pathologische Frakturen bei malignen Grunderkrankungen.

Gemäß der Frakturtypeneinteilung lagen in 54,7% A-Frakturen, in 25,3% B-Frakturen und in 20,0% C-Frakturen vor. 50,4% der Frakturen waren im 3. Humerussechstel lokalisiert, 19,1% betrafen jeweils das 2. und 4. Sechstel. 11,4% fanden sich im 5. Sechstel.

94 Frakturen wurden operativ und 21 konservativ-funktionell behandelt. Das am häufigsten angewandte Therapieverfahren war der unaufgebohrte Humerusnagel in 55,6% der Fälle, der bei 53 Patienten retrograd und bei 11 Patienten antegrad implantiert wurde. Die konservative Therapie wurde bei 18,2% der Frakturen, der Fixateur externe bei 12,7%, die Plattenosteosynthese bei 11,7% angewandt. Die Zifko-Nagelung, Rush Pins oder Prevot-Nagelung waren Einzelanwendungen. Der UHN wurde vor allem bei den Patienten mit Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen eingesetzt (81,2%). Insgesamt traten bei 41,7% der Patienten allgemeine Komplikationen, wie 12 primäre und 3 sekundäre Radialispareesen, 9 ektope Ossifikationen nach retrograder UHN-Nagelung, 8 Wundinfektionen, 7 Humerusschaftpseudarthrosen, 7 offene Frakturen und 2 Plexus brachialis Schädigungen auf. Trotz relativ einfacher Implantationstechnik kamen typische intraoperative, systemspezifische Probleme (Verriegelungsprobleme n=10, Kortikalisausbrüche n=6, intraoperative Nagelwechsel n=4, Schaftsprengungen n=2) vor. Diese sind vor allem in der Phase der „learning curve“ zu beobachten gewesen. Bei den primären Radialispareesen verblieb eine motorische Schwäche und bei 2 Patienten sensible Defizite. Bei den sekundären Radialispareesen

verblieb bei einem Patienten ein sensibles Defizit. Die offenen Frakturen und die entstandenen Wundinfektionen heilten folgenlos aus. Die Pseudarthrosen des eigenen Patientenkollektivs wie auch der zugewiesenen Fälle konnten, außer bei einem Patienten der sich der Behandlung entzog zur Heilung gebracht werden. Bei 3 Patienten mit ektopen Ossifikationen im Bereich des Ellenbogengelenkes resultierten Funktionsbeeinträchtigungen.

Infolge der möglichen intraoperativen Komplikationen ist einzuschätzen, dass die UHN-Implantation keine Anfängeroperation darstellt. Die Chancen für eine ungestörte Ausheilung hängen am Oberarm neben der Frakturform, der Mitarbeit des Verletzten, den Begleitverletzungen von der Qualität des Chirurgen ab [28].

Die Nachuntersuchungsergebnisse (n=98) nach einer Bewertungsskala von Kwasny zeigten bei den mit einem UHN versorgten Patienten 78,1% (n=50) gute und sehr gute Ergebnisse, 17,1% (n=11) mäßige und 4,8% (n=3) schlechte Behandlungsergebnisse. Insgesamt lagen nach retrograder Implantation bessere Nachuntersuchungsergebnisse vor.

Die konservativ behandelten Patienten wiesen 58,8% (n=10) gute und sehr gute, 11,7% (n=2) mäßige und 29,4% (n=5) schlechte Resultate auf. Die im Fixateur ausbehandelten Verunfallten Die im Fixateur ausbehandelten Verunfallten zeigten 60% (n=6) gute und sehr gute und 40% (n=4) schlechte Behandlungsergebnisse. Bei der Plattenosteosynthese lagen 57,2% (n=4) gute und sehr gute sowie 42,8% (n=3) mäßige Behandlungsfolgen vor. Die restlichen Behandlungsmethoden führten zu guten Ergebnissen.

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit und dem vergleichendem Studium mit der Literatur wurde die Auffassung gewonnen, dass der Oberarmschaftbruch nicht mehr prinzipiell konservativ behandelt werden muss, wie das von Lorenz Böhler beschrieben wurde. Die Marknagelosteosynthese mit dem UHN ist als übungsstabil und wenn auch nicht primär gewollt als „belastungsstabil“ zu betrachten.

Bei richtiger Indikationsstellung und Akzeptanz eines geäußerten Patientenwunsches nach frühzeitiger Verband- und Bewegungsfreiheit erlaubt die operative Stabilisierung der Fraktur eine frühfunktionelle Therapie, bei einem vergleichbar geringem Risiko der Pseudarthrosenbildung oder sonstiger Komplikationen und Fehlergebnissen.

7. Literaturübersicht

1. Baranowski D, Brug E: Die Bündelnagelung bei Humerusfrakturen, Operat. Orthop. Traumatol. 2 (1990) 56-59
2. Blum J, Rommens P M, Janzing H: The Unreamed Humeral Nail-A Biological Osteosynthesis of the upper arm, Acta Chirurgica Belgica 97 (1997) 84-189
3. Blum J, Rommens P M: Surgical Approaches to the humeral shaft, Acta Chirurgica Belgica 97 (1997) 237-243
4. Böhler J: Wann sollen Oberarmbrüche mit Radialislähmung operiert werden, Handchirurgie 5 (1973) 207-209
5. Böhler L: Technik der Knochenbruchbehandlung, Ergänzungsband zur 12/13. Auflage, Verlag Wilhelm Maudrich, Wien (1963) 2638-2643
6. Böhler L: Die Verhütung der Pseudarthrosen, Heft Unfallheilkunde 94 (1968) 77 -82
7. Böhler L: Gegen die operative Behandlung von frischen Oberarmschaftbrüchen, Langenbecks Arch. Klin. Chir.-Bd.308 (Kongressbericht), 465-475
8. Bonnaire F, Götze B, Schlickewei W, Zenz M: Indikation, Technik der Plattenosteosynthese am Humerus, Akt. Traumatologie 31 (2001) S. 82-89
9. Bonnaire F, Seif El Nasr M: Die Humerusschaftpseudarthrose, Akt. Traumatologie 27 (1997) 132-135
10. Bostman O, Bakalim G, Vaniionpaa S, Wilppula E, Patiala H, Rokkanen P: Radial palsy in shaft fractures of the humerus, Acta Orthop Scand 7 (1993) 3211-3215
11. Brug E., Westphal T, Schäfer G: Differenzierte Behandlung der Humerusdiaphysenfraktur, Unfallchirurg 97(1994) 633-638
12. Brumback R J, Bosse M J, Poka A, Burgess A R: Intramedullary stabilisation of humeral shaft fractures in patients with multiple trauma, J. Bone Joint Surgery (Am.) 68 (1986) 960-964
13. Brumback R J: The Rationales of Interlocking Nailing of the Femur, Tibia and Humerus, Clinical Orthopaedics and Related Research Number 324 292-320
14. Catagni M A, Guerreschi F: Treatment of humeral nonunions with the Ilizarow technique, Bul. Hosp. Joints Orthop. Institut 51 (1991) 74-83
15. Chiu P Y, Chen C M, Lin C F J, Lo W H, Huang Y L, Chen T H: Closed humeral shaft fractures: A prospective evaluation of surgical treatment, The Journal of Trauma Vol.43, No.6, (1997) 947-951
16. Cotta H, Wentzensen A, Krämer K L, Pfeil J: Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie, Thieme Verlag (1996) Stuttgart, New York
17. Dalton J E, Salkeld S L, Satterwhite Y E, Cook S D: A biomechanical comparison of intramedullary nailing systems for the humerus, The Journal of Orthopaedic Trauma Vol.7, No.4 (1993) 367-374

18. Dietel U: Die Humerusschaftfraktur – Eine vergleichende Studie verschiedener operativer Verfahren, Dissertation der Universität Jena (1996)
19. Ecke H, Stöhr U, Krämer K: Chirurgie der Verletzungen und die Geschichte der Wiederbelebung, Unfallchirurgie (1973) 204-216 in: F.X. Sailer, F.W. Gierhake, Chirurgie historisch gesehen, Dustri, Deisenhofen
20. Eckert K G: Plattenosteosynthese von Humerusschaftfrakturen, Dissertation der Fakultät für klinische Medizin der Universität Ulm (1986)
21. Eilenberger S: Die Marknagelung der Oberarmschaftfraktur nach Küntscher, Medizinische Welt 33 (1982) 1542 - 1544
22. Eingartner C, Pütz M, Schwab E, Weise K: Die unaufgebohrte Marknagelung als minimalinvasiver Palliativeingriff bei Osteolysen und pathologischen Frakturen, Unfallchirurg 100 (1997) 715-718
23. Ekkernkamp A, Muhr G: Ist die operative Behandlung frischer, geschlossener Oberarmschaftbrüche als Routineverfahren vertretbar, Zentralblatt f. Chirurgie 112 (1987) 81-88
24. Fasol P, Schedl R: Analyse von 286 Oberarmschaftfrakturen, Unfallchirurgie 9 (1983) 17-22
25. Foulk D, Szabo R: Diaphyeal Humerus Fractures, Natural History and Occurrence of Nonunion, Orthopaedics 18 (1995) 333-335
26. Friedrich U: Indikationen zur konservativen und operativen Behandlung von Oberarmschaftfrakturen, Die chirurgische Poliklinik 21 (1974) 63-69
27. Giebel G, Tscherne H, Reißmann K: Die gestörte Frakturheilung am Oberarm, Unfallchirurg 89 (1986) 353-360
28. Giebel G: Frakturheilungsstörungen des Oberarmes, Unfallchirurg 94 (1991) 468-470
29. Goldhahn S, Bach O, Friedel R, Markgraf E: Funktionelle Knochenbruchbehandlung am Oberarm, Unfallchirurgie 22 Nr. 5 (1996) 209-215
30. Hegelmaier C, Aprath B von: Die Plattenosteosynthese am diaphysären Oberarmschaft, Aktuelle Traumatologie 23 (1993) 36-42
31. Heim D, Herkert F, Hess P, Regazzoni P: Darf man Humerusschaftfrakturen osteosynthetisieren? Helv. Chir. Acta. 58 (1991) 673-678
32. Heim D, Herkert F, Regazzoni P: Surgical treatment of humeral shaft fractures - The basal experience, The Journal of Trauma Vol.35, No. 2 (1993) 226-232
33. Heinemann B: Ein historischer Überblick über die Therapie der Knochenbrüche, Med. Dissertation (1937), Universität Bonn
34. Heinsen J, Hempel D: Präoperative sonographische Untersuchung der Rotatorenmanschette vor antegrader Nagelung von Humerusschaftfrakturen, Osteosynthese International [Suppl 2] 9-2001, S. 85-87

35. Hoellen I P, Bauer G, Strecker W, Kinzl L: Indikation und Technik der intramedullären Stabilisierung der Humerusschaftfraktur, Akt. Traumatologie 27 (1997) 91-99
36. Hermichen H G, Pfister U, Weller S: Einflüsse der Frakturbehandlung auf die Entstehung von Oberarmschaftpseudarthrosen, Akt. Traumatologie 10 (1980) 137-142
37. Ingman A M, Waters D A: Locked intramedullary nailing of humeral shaft fractures, The Journal of Bone and Joint Surgery Vol.76-B, No. 1-January (1994) 23-29
38. Käch M K, Candinas D, Friedl H P, Trentz O: Ergebnisse der Marknagelung bei Humerusschaftfrakturen, Helv. Chir. Acta 59 (1992) 681-685
39. Kamhin M, Michaelson M, Waisbord H: The use of external skeletal fixation in the treatment of fractures of the humeral shaft, Injury 9 (1977) 245-249
40. Kaplan H, Kiral A, Kuskucu M, Arpacioğlu M Ö, Sarioglu A, Rodop O: Report of eight cases of humeral fracture following the throwing of hand grenades, Arch. Orthop. Trauma Surgery, 117 (1998), 50-52
41. Kayser M, Muhr G, Winkel R op den, Ekkernkamp A: Funktionelle Behandlung der Humerusfraktur nach Sarmiento, Unfallchirurg 89 (1986) 253-258
42. Kelsch G, Deffner P, Ulrich C: Die Humerusverriegelungsnagelung nach Seidel, Unfallchirurg 100 (1997), 111-118
43. Kessler S B, Nast-Kolb D, Brenner U, Wischhöfer E: Marknagelung des Oberarms als Alternative zur konservativen Plattenosteosynthese, Orthopäde 25 (1996) 216-222
44. Klein M P M, Rahn B A, Frigg R, Kessler S, Perren S M: Reaming versus non-reaming in medullary nailing: Interference with cortical circulation of the canine tibia, Arch. Orthop. Trauma Surgery 109 (1990) 314 - 316
45. Klestil T, Rangger C, Kathrein A, Brenner E, Beck E: Konservative und operative Therapie traumatischer Oberarmschaftbrüche, Chirurg 68 (1997) 1132-1136
46. Krettek C, Glüer S, Schandelmaier P, Tscherne H: Marknagelung offener Frakturen, Orthopäde 25 (1996) 223-233
47. Kuner E H, Bonnaire F, Schäfer D J: Die Plattenosteosynthese bei der Humerusschaftfraktur, Chirurg 66 (1995) 1085-1091
48. Kuner E, Schlosser V; Traumatologie, Thieme Verlag (1995), Stuttgart, New York, 135 ff,
49. Kwasny O, Maier R W S: Die operative Versorgung von Humerusschaftfrakturen, Akt. Traumatologie 20 (1990) 87-92
50. Kwasny O, Maier R: Die Bedeutung von Nervenschäden bei der Oberarmfraktur, Unfallchirurg 94 (1991) 461-467
51. Kwasny O, Maier R, Kutscha-Lissberg F, Scharf W: Vorgehen bei Oberarmschaftfrakturen mit primärem oder sekundärem Radialisschaden, Unfallchirurgie 18 (1992) 168-173

52. Laer L von: Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter, Thieme Verlag (1996), Stuttgart, New York 19 ff
53. Lammens J, Bauduin G, Driesen R, Moens P, Stuyck J, Smet L D, Fabry G: Treatment of nonunion of humerus using the Ilizarov External Fixator, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Number 353 (1998) 223-230
54. Lewis G: Mechanical evaluation of humeral interlocking nails, *Bio-Medical Materials and Engineering* 7 (1997) 149-157
55. Lin J, Hou S M, Hang Y S, Chao E Y S: Treatment of humeral shaft fractures by retrograde locked nailing, *Clinical Orthopaedics and Related Research* Number 342 (1997) 147-155
56. Loitz D, Könnecker H, Illgner A, Reilmann H: Retrograde Marknagelung von Humerusfrakturen mit neuen Implantaten, *Unfallchirurg* 101 (1998) 543-550
57. Mandrella B, Abebaw T H, Hersi O N: Defektschussbrüche am Oberarm und ihre Behandlung unter schwierigen Bedingungen, *Unfallchirurg* 100 (1997) 154-158
58. Markmiller M, Braun W, Rüter A: Die Marknagelung von Humerusfrakturen mit gekürzten Ferdernägeln nach Simon-Weidner/Ender, *Operative Orthopädie und Traumatologie* 8 (1996) 163 - 172
59. Marty B, Käch K, Friedl H P, O. Trentz: Die Marknagelung der Humerusschaftfraktur, *Unfallchirurg* 97 (1994) 424-429
60. Mayr E, Frankel V, Rüter A, Ultrasound-an alternative healing method for nonunions ?, *Orthop Trauma Surg.* 120 (2000) 1 – 8
61. McKee M D, Pedlow F X, Cheney P J, Schemitsch E H: Fractures below the end of locking humeral nails: A report of three cases, *The Journal of Orthopaedic Trauma* Vol.10, No.7 (1996) 500-513
62. Moran M C: Modified lateral approach to the distal humerus for internal fixation, *Clinical Orthopaedics and Related Research* Number 340 (1997) 190-197
63. Mulier T, Seligson D, Sioen W, Bergh J van den, Raynaert P: Operative Treatment of humeral shaft fractures, *Acta Orthopaedica Belgica* Vol 63-3 (1997), 170-177
64. Müller M E, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H: *Manual der Osteosynthese, AO-Technik*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1992
65. Müller M, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger R: *Manual der Osteosynthese-AO-Technik*, 3. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1993
66. Nast-Kolb D, Knoefel W T, Schweiberer L: Die Behandlung der Oberarmschaftfraktur, Ergebnisse einer AO-Sammelstudie, *Unfallchirurg* 94 (1991) 447-454
67. Nast-Kolb D, Ruchholz S, Schweiberer L: Indikation und Technik der konservativen Behandlung der Humerusschaftfraktur, *Akt. Traumatologie* 27 (1997) 80-85

68. Nast-Kolb D, Ruchholz S, Schweiberer L: Die Bedeutung der Radialisparese für die Wahl des Behandlungsverfahrens der Humerusschaftfraktur, Akt. Traumatologie 27 (1997) 100-104
69. Nast-Kolb D, Schweiberer L, Betz A, Wilker D, Habermeyer P: Die operative Versorgung der Humerusschaftfraktur, Unfallchirurg 88 (1985) 500-504
70. Nast-Kolb D, Schweiberer L: Wandel und Fortschritt in der Frakturbehandlung des Oberarmschaftes, Orthopäde 18 (1989) 208-213
71. Oetiker J, Komorek W, Meyer R P, Kappeler U: Die Prevot-Nagelung, eine elegante Methode, Unfallchirurg 99 (1996) 327-331
72. Ogawa K, Ui M: Humeralshaft fracture sustaine during arm wrestling: Report on 30 cases and review of the literature, The Journal of Trauma Vol.42, No.2 (1997) 243-246
73. Olivieri M B J: Die Behandlungsstrategie bei der Humerusschaftfraktur, Dissertation, Stuttgart, (1997)
74. Pollock F H, Drake D, Bovill E G, Day L: P.G. Trafton, Treatment of radial neuropathy associated with fractures of the humerus, J. Bone Joint Surgery 63 (1981) 239-243
75. Räder L, Tausch W: Die funktionelle – konservative Behandlung der Oberarmschaftfraktur mit dem Gips-Brace, Zentralbl. Chir. 116 (1991) 525-530
76. Raschke M, Khodadadyan C, Hoffmann M R, Südkamp N P: Nonunion of the humerus following intramedullary nailing treated by Ilizarov Hybrid Fixation, Journal Orthopaedic Trauma Vol.12, No.2 (1998) 138-141
77. Reifferscheid M, Weller S: Chirurgie. 8. Aufl. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1989
78. Rodriguez-Merchan E C: Compression plating versus Hackethal nailing in closed humeral shaft fractures failing nonoperativ reduction, The Journal of Orthopaedic Trauma Vol.9, No.3 (1995) 194-197
79. Rommens P M, Blum J: Die retrograde Nagelung mit dem UHN, Akt. Traumatologie 31-2001, S. 125-132
80. Rommens P M, Verbruggen J, Broos P L: Retrograde locked nailing of humeral shaft fractures, The Journal of Bone and Joint Surgery Vol.77-B, No. 1-January (1995) 84-89
81. Rommens P M, Verbruggen J, Broos P L: Retrograde Verriegelungsnagelung der Humerusschaftfraktur, Unfallchirurg 98 (1995) 133-138
82. Rüedi T P, Sommer C, Leutenegger A: New techniques in indirect reduction of long bone fracture, Clinical orthopaedics and related research Number 347 (1998) 27-34
83. Ruf W, Pauly E: Zur Problematik der Humerusverriegelungsnagelung, Unfallchirurg 96 (1996) 323-328
84. Runkel M, Wenda K, Ritter g, Rahn B, Perren S M: Knochenheilung nach unaufgebohrter Marknagelung, Unfallchirurg 97 (1994) 1-7

85. Sarmiento A, Latta L: Nichtoperative funktionelle Frakturbehandlung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo (1984)
86. Sarmiento A, Latta L: Functional Fracture Bracing, Tibia, Humerus, Ulna, Springer Verlag, (1995) Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo
87. Sarup S, Bryant P A: Ipsilateral humeral shaft and Galeazzi Fracture with a posterolateral dislokation of the elbow: A variant of the „Floating dislocated elbow“, The journal of trauma, injury, infection and critical care Vol. 43, No.2 (1997) 349-351
88. Schemitsch E H, Tencer A F, Henley M B: Biomechanical evaluation of methods of internal fixation of the distal humerus, The Journal of Orthopaedic Trauma Vol.8, No.6 (1994) 468-475
89. Schemitsch E H, Turchin D C, Kowalski M J, Swiontkowski M F: Quantitativ Assessment of Bone Injury and Repair after Reamed and Unreamed Locked Intramedullary Nailing, The Journal of Trauma Vol 45 (1998) 250-255
90. Schleberger R, Senge T: Non-invasive treatment of long-bone pseudarthrosis by shock waves (ESWL), Orthopaedic and Trauma Surgery 111 (1992) 224-227
91. Schonert O: Spätresultate operativ versorgter Oberarmschaftbrüche unter besonderer Berücksichtigung von Pseudarthrosenrate und Radialisparese nach Bündelnagelung, Dissertation der Fakultät für klinische Medizin Mannheim der Universität Heidelberg (1994)
92. Schratz W, Wörsdorfer O., Klöckner C, Götze C: Behandlung der Oberarmschaftfrakturen mit intramedullären Verfahren (Seidel-Nagel, Marchetti-Vincenzi-Nagel, Prevot-Pins), Unfallchirurg, 101 (1998) 12-17
93. Schweiberer L: Leitthema: Die Oberarmfraktur: Einführung zum Thema, Unfallchirurg 94 (1991) 437
94. Schweiberer L, Betz A, Eitel F, Krueger P, Wilker D: Bilanz der konservativen und operativen Knochenbruchbehandlung - Obere Extremität, Chirurg 54 (1982) 226-233
95. Seidel H: Verriegelungsnagel des Humerus, Operative Orthopädie und Traumatologie 3 (1991) 158-168
96. Seidel H: The humeral locking nail, Osteosynthese International 1 (1993) 46-52
97. Serfling H J, Schober K L, Schmitt W: Spezielle Chirurgie, Barth-Verlag (1990) Leipzig. 781-783
98. Shaw B A, Murphy K M, Shaw A, Oppenheim W L, Myracle M R: Humerus shaft fractures in young children; Accident or Abuse?, Journal of Pediatric Orthopaedics 17 (1997) 293-297
99. Siebert C H, Heinz B C, Höfler H R, Hansis M: Plattenosteosynthetische Versorgung von Humerusschaftfrakturen, Unfallchirurg 99 (1996) 106-111
100. Sim F H, Kelly P J, Henderson E D: Radial-nerve palsy complicating fractures of the humerus shaft, Journal of Bone and Surgery (Am.) 53 (1971) 1023-1024

101. Spörri R: Die Küntschernagelung der Humerusschaftfraktur, Dissertation der Fakultät für klinische Medizin I der Universität Heidelberg (1983)
102. Swieca S A: Die operative Behandlung der Oberarmschaftfraktur, Dissertation Technischen Universität München (1991)
103. Synthes Bochum, Intramedulläre Marknagelung – UHN – Operationstechnik
104. Tscherne H: Behandlung der Oberarmschaftfraktur, Langenbecks Arch. Chir. 332 (Kongressbericht 1972), 378-388
105. Tscherne H, Wippermann B W: Konservative Frakturbehandlung der oberen Extremität, Chirurg 61 (1990) 752-760
106. Ulrich C, Burgis H, Teubner K E, Muth W: Der Verriegelungsmarknagel nach Seidel am Humerus, Hefte Unfallchirurgie 230 (1993) 840 – 842
107. Vecsei N: Kritische Analyse der Verriegelungsnagelung zur Behandlung von Oberarmschaftfrakturen, Wiener Klinische Wochenschrift 106 (1994) 397-400
108. Verheyden P, Streidt A, Lill H, Weise K, Josten C: Der unaufgebohrte Humerusnagel-Indikationen, Technik und klinische Erfahrungen, Akt. Traumatologie 28 (1998) 251-257
109. Wawro W, Brehme K, Otto W: Radialislähmung bei Oberarmschaftfrakturen. Indikation zur Revision?, Trauma und Berufskrankheit Band 2, Heft 4 (12/2000) 284-287
110. Winker H, Vosberg W, Cyris A: Behandlungsergebnisse nach Oberarmschaftfrakturen, Akt. Traumatologie 23 (1993) 36-41
111. Wu C, Shih C H: Treatment of nonunion of the humerus: comparison of plates and Seidel interlocking nails, Canadian Journal of Surgery 35 (1992) 661-665
112. Yang K H, Han D Y, Kim H J: Intramedullary Entrapment of the radial nerve associated with humeral shaft fracture, Journal of Orthopaedic Trauma Vol 11 No.3 (1997) 224-226
113. Zaslav K R, Meinhard B P: Management of Resistant Pseudarthrosis of Long Bones, Clinical Orthopaedics and related research, Number 233 (1988) 234-242
114. Zorist R, Messmer P, Levin L S, Regazzoni P: Endoskopisch kontrollierte Stabilisation von Humerusschaftfrakturen, Unfallchirurg 2002-105, S. 246-25

8. Abbildungsverzeichnis

- Abb.1: S. 5 AO-Klassifikation der OA-Schaftfraktur
- Abb. 2 S. 26 Altersgruppen- und Geschlechterverteilung des gesamten Patientenkollektivs (n=113)
- Abb. 3 S. 27 Altersgruppen- und Geschlechterverteilung in der Gruppe der konservativ behandelten Patienten (n=21)
- Abb. 4 S. 27 Altersgruppen- und Geschlechterverteilung in der Gruppe der operativ behandelten Patienten (n=92)
- Abb. 5 S. 28 Ursachen der Humerusschaftfrakturen in Prozent
- Abb. 6 S. 29 Anteil knöcherner Begleitverletzungen an den oberen Extremitäten bei den polytraumatisierten Patienten (n=38)
- Abb. 7 S. 29 Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen im Gesamtkollektiv der Patienten (n=113)
- Abb. 8 S. 30 Inzidenz und Schweregrade der offenen Oberarmschaftfraktur (n=7) und die primäre Versorgung
- Abb. 9 S. 31 Prozentuale Häufigkeit der primären Radialisparese in Abhängigkeit vom Frakturtyp
- Abb. 10 S. 31 Heilungsverhalten und verbliebene Schäden der primären Radialisläsionen (n=12)
- Abb. 11 S. 32 Verteilung der Frakturtypen nach der AO-Klassifikation
- Abb. 12 S. 33 Definitive Therapieformen der 115 Humerusschaftfrakturen
- Abb. 13 S. 33 Einteilung der Frakturen nach der AO-Klassifikation mit anteilmäßiger Darstellung der konservativen und operativen Therapie
- Abb. 14 S. 35 Begleitverletzungen und Zusatzerkrankungen und angewendete Verfahren zur Behandlung der Humerusschaftfrakturen im Verhältnis zu denen unkomplizierter Monotraumen
- Abb. 15 S. 36 Metastase eines Nierenzell-Karzinoms und pathologische Fraktur ohne wesentliche Dislokation bei einer 44jährigen Patientin und die Behandlung mit dem retrograd implantierten UHN
- Abb. 16 S. 37 Unfallaufnahmen eines 33jährigen Patienten mit einer kurzen Schrägfraktur (AO12A2) des Humerusschaftes und die unmittelbar postoperativ angefertigten Kontrollaufnahmen bei initialem Monotrauma
- Abb. 17 S. 38 Behandlungsverlauf bei einem 28jährigen Mann mit einer Humerusschaftfraktur (AO12B1) und verzögert zum Abschluß gekommener.
- Abb. 18 S. 40 Früh- und Spätinfektionen der operativ versorgten Patienten
- Abb. 19 S. 41 Pseudarthrosenhäufigkeit bei konservativer Therapie und Marknagelosteosynthese (absolute Zahlen)

- Abb. 20 S. 42 Behandlungsverlauf einer 74jährigen Patientin mit einer langstreckigen Humerusschaftspiralfaktur, wegen mangelnder Toleranz der Thoraxabduktionsschiene erfolgte temporär über 5 Tage die Anlage eines Fixateur externe und schließlich nach Ausbruch desselben eine Brace-Behandlung. Nach 6 Monaten noch keine Kallusbrückenbildung, darum Umstieg auf eine Plattenosteosynthese, die schließlich zur Ausheilung führte.
- Abb. 21 S. 43 Verlauf bei einer 26jährigen Patientin mit einer Humerusschaftfraktur (bei kurzem distalem Fragment) und Pseudarthrose am rechten Oberarm. Ausheilung nach Reosteosynthese und Spongiosaplastik
- Abb. 22 S. 45 Intraoperative Probleme und Komplikationen bei der Anwendung des UHN (n=22)
- Abb. 23 S. 45 Dorsale Fragmentaussprengung nach retrograder Implantation eines UHN
- Abb. 24 S. 46 Ektope Ossifikationen 9 Monate nach retrograder UHN-Implantation bei einem ehemals 27jährigen polytraumatisierten Patienten
- Abb. 25 S. 53 Ausheilungsergebnisse und Spätschäden nach primären Radialisläsionen (n=12)
- Abb. 26 S. 55 Verteilung der Frakturtypen nach der AO bei den verbliebenen Achsfehlstellungen nach UHN-Implantation

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle I:	S. 7	Fehlerergebnisse nach konservativ-funktioneller Behandlung der Oberarmschaftfraktur [67]
Tabelle II:	S. 17	Operationsindikationen zur Versorgung von Frakturen am Humerusschaft
Tabelle III:	S. 17	Kontraindikationen zur Operation, Nast-Kolb et al. [69]
Tabelle IV:	S. 18	Ursachen der gestörten Frakturheilung [47]
Tabelle V:	S. 19	Ursächliche Primärbehandlung bei Humerusschaftpseudarthrose
Tabelle VI:	S. 34	Anwendungshäufigkeit der verschiedenen Therapieverfahren entsprechend der AO-Fraktur-Klassifikation der Frakturen (absolute Zahlen/prozentual pro Frakturtyp)
Tabelle VII	S. 41	Frakturtypen, Therapieverfahren und Pseudarthrosen
Tabelle VIII	S. 46	Punktescore nach Kwasny et al. [49]
Tabelle IX	S. 48	Verteilung der nachuntersuchten Patienten nach der Therapie (n=98)
Tabelle X	S. 49	Subjektive Bewertung des Behandlungsergebnisses in Abhängigkeit vom Therapieverfahren (nominal, prozentual und Punktwert nach Scoresystem)
Tabelle XI	S. 49	Subjektive Schmerzangabe der Behandlungsgruppen (nominal, prozentual und Punktwert nach Scoresystem)
Tabelle XII	S. 50	Entfaltung der groben Kraft nach Kwasny-Score (nominal, prozentual und nach Scorewert)
Tabelle XIII	S. 51	Funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse nach der Neutral-Null-Methode
Tabelle XIV	S. 52	Funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse - Nach Gebrauchsfähigkeit (Nacken- und Schürzengriff) numerisch und prozentual
Tabelle XV	S. 54	Röntgenergebnisse numerisch, prozentual bei Zustand nach Humerusschaftfraktur

10. Thesen

1. Der Humerusschaft weist eine Reihe anatomischer und funktioneller Besonderheiten auf, die bei der Therapie von Verletzungen sorgsam bedacht werden sollten!
2. Die konservative Therapie wird in der Literatur noch immer als Therapiemethode der Wahl bei der Humerusschaftfraktur dargestellt, obwohl immer mehr Autoren über die operative Therapie und ihre guten Ergebnisse berichten!
3. Die längerdauernde Immobilisierung bei konservativer Therapie findet nicht bei allen Autoren Zustimmung, da sie spezifische Komplikationen hat und mit einem schlechteren funktionellen Ergebnis verbunden ist!
4. Die operativen Therapieverfahren umfassen ein breites, differenziertes Spektrum - bisher liegt keine einheitliche Behandlungsempfehlung für die Humerusschaftfraktur vor!
5. Die Plattenosteosynthese hat einige Vorteile aber auch den Nachteil der Exposition des Nervus radialis!
6. Die Behandlung mit dem Fixateur externe sollte wegen des geringen Komforts und der Infektionsgefahr Einzelindikationen vorbehalten bleiben!
7. Intramedulläre Osteosyntheseverfahren liegen in großer Zahl vor. Der unaufgebohrte Humerusnagel (UHN) erlaubt bei entsprechendem Frakturtyp die axiale Kompression und kann rotationsstabile Verhältnisse schaffen.
8. Der UHN weist bei seiner Implantation technische Besonderheiten und damit spezifische Komplikationsmöglichkeiten auf!
9. Postoperativ kommt es bei polytraumatisierten Patienten mit SHT und retrograder UHN-Implantationstechnik auffällig häufig zu ektopen Ossifikationen im Ellenbogengelenkbereich. Dies scheint eher eine Folge einer unspezifischen Entzündung zu sein als eine implantatspezifische Komplikation!
10. Die Nachuntersuchungsergebnisse des UHN, entsprechend dem Score nach Kwasny fallen im Vergleich mit anderen Therapieverfahren eindeutig besser aus!
11. Die retrograde Implantationstechnik sollte wegen besserer funktioneller Resultate und Schonung der Schulterweichteile bevorzugt angewendet werden!
12. Der UHN kann sowohl für die Versorgung frischer Frakturen als auch und gerade zur Behandlung von Humerusschaftpseudarthrosen sehr empfohlen werden.
13. Die primären Radialispareesen werden konservativ behandelt! Erst nach einer ausbleibenden Restitution der neurologischen Symptome wird eine operative Revision nach 8 Wochen durchgeführt. Bei offenen Frakturen mit Radialisparese erfolgt eine primäre Nervendarstellung, optional kann hier eine Plattenosteosynthese oder Marknagelung erfolgen!
14. Die sekundären Radialisplegien sollten operativ revidiert werden!

Tabellarischer Lebenslauf

Name: Brehme, Kay
Anschrift: Schmidstr. 20
04158 Leipzig/Wiederitzsch
Familienstand: verheiratet, 3 Kinder

Schulbildung:

09/1974 – 07/1979 allgemeinbildende Oberschule in Leipzig
09/1979 – 07/1983 Kinder- und Jugendsportschule in Leipzig
09/1983 – 07/1985 allgemeinbildende Oberschule in Leipzig
09/1985 – 07/1987 Abitur an der erweiterten Oberschule (Humboldt - EOS) in Leipzig
11/1987 – 02/1990 Wehrdienst im Sanitätsdienst (Krankenpflegerausbildung)

Berufsausbildung

03/1990 – 08/1990 Krankenpfleger an der Universität Leipzig
09/1990 – 02/1997 Studium der Medizin an der Universität Leipzig
07.04.1997 – 06.11.1998 AiP an der Universitätsklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der MLU-Halle/Wittenberg an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost, Direktor: Prof. Dr. med. W. Otto
07.11.1998 – 30.09.2002 Assistenzarzt im Rahmen der Facharztausbildung, an der Universitätsklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie der MLU-Halle/Wittenberg an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost, Direktor: Prof. Dr. med. W. Otto

Im Rahmen diese Vertrages durchgeführte Rotationen

15.02.1999 – 09.05.1999 Klinik und Poliklinik für Kinderchirurgie der MLU-Halle/Wittenberg
Direktor: PD Dr. med. R. Finke
01.07.1999 – 31.12.1999 Klinik für Intensiv- und Notfallmedizin an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost
Direktor: CA Dr. med. R. Stuttmann
01.01.2000 – 30.06.2000 Universitätsklinik für Orthopädie der MLU-Halle/Wittenberg

01.07.2000 – 31.03.2001	Klinik für Allgemein Chirurgie an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost
01.04.2001 – 30.09.2001	Universitätsklinik für Visceral- und Gefäßchirurgie der MLU Halle/Wittenberg
01.10.2001 – 06.04.2002	Klinik für Allgemein Chirurgie an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost
30.09.2002	Prüfung zum Facharzt für Chirurgie in Magdeburg
01.10.2002 – gegenwärtig	Beginn der Subspezialisierung Unfallchirurgie

Kay Brehme

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Kay Brehme, wohnhaft: Schmidstr. 20, 04158 Leipzig die verfasste
Dissertation mit dem Titel:

Die Therapie der Humerusschaftfraktur Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung des UHN
(Eine Studie am Patientengut der MLU-Halle-Wittenberg aus dem Zeitraum vom 01.01.1996 -
30.11.1999)

selbstständig angefertigt, andere als in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe und
das die vorliegende Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form bisher keiner anderen Prüfungsbehörde
vorgelegt worden war.

Kay Brehme

Leipzig, den 10.09.2003

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt

meiner lieben Frau, meinen Kindern und meinen Eltern für das Verständnis und die Rücksicht

Herrn Prof. Dr. med. Otto für die Überlassung dieses Themas und die Betreuung

und den Patienten, die sich zu einer Nachuntersuchung bereit erklärt haben und auf diese Weise in aller Regel einen Abschluss ihrer Behandlung erfuhren.