

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie  
der Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Die Versorgung von proximalen Humerusfrakturen durch winkelstabile  
Plattenosteosynthese und dynamische Verriegelungsschrauben

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Magdalena Werth  
aus Frankfurt am Main

Datum der Promotion: 06.09.2019

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Anatomische Grundlagen . . . . .	5
1.1.1 Humerus . . . . .	5
1.1.2 Schultergürtel . . . . .	5
1.1.3 Glenohumeralgelenk . . . . .	6
1.1.4 Muskulatur des Schultergelenks . . . . .	7
1.1.5 Gefäßversorgung . . . . .	7
1.1.6 Nervenversorgung . . . . .	9
1.2 proximale Humerusfraktur . . . . .	9
1.2.1 Relevanz und Epidemiologie . . . . .	9
1.2.2 Frakturklassifikationen . . . . .	12
1.2.2.1 Klassifikation nach AO . . . . .	12
1.2.2.2 Klassifikation nach Codman . . . . .	14
1.2.2.3 Klassifikation nach Neer . . . . .	14
1.2.2.4 Weitere Klassifikationssysteme . . . . .	14
1.2.3 Diagnostik . . . . .	15
1.2.3.1 Klinische Diagnostik . . . . .	15
1.2.3.2 Radiologische Diagnostik . . . . .	15
1.2.4 Versorgung der proximalen Humerusfraktur . . . . .	16
1.2.4.1 Konservative Therapie . . . . .	16
1.2.4.2 Operative Therapie . . . . .	17
1.3 Zielsetzung der Arbeit . . . . .	18
<b>2 Methodik</b>	<b>19</b>
2.1 Einschlusskriterien . . . . .	20

2.2	Implantate . . . . .	20
2.2.1	Winkelstabile Plattenosteosynthese . . . . .	20
2.2.2	Dynamische Verriegelungsschrauben . . . . .	21
2.3	Operative Technik . . . . .	23
2.4	Frakturklassifikation . . . . .	24
2.5	Klinische Nachuntersuchung . . . . .	24
2.5.1	Constant und Murley Score . . . . .	25
2.5.2	Subjective Shoulder Value . . . . .	28
2.5.3	Numerische Analog Skala . . . . .	28
2.5.4	Long Head of Biceps-Score . . . . .	29
2.6	Radiologische Nachuntersuchung . . . . .	31
2.7	Statistische Analyse . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>33</b>
3.1	Kohortenanalyse . . . . .	33
3.2	Intraoperative Ergebnisse . . . . .	34
3.3	Klinische Ergebnisse . . . . .	36
3.3.1	1-Jahres-Ergebnisse . . . . .	37
3.3.2	2-Jahres-Ergebnisse . . . . .	42
3.4	Radiologische Ergebnisse . . . . .	46
3.5	Komplikationen . . . . .	47
3.5.1	Nicht-revisionspflichtige Komplikationen . . . . .	48
3.5.2	Revisionspflichtige Komplikationen . . . . .	50
3.6	Fallbeispiele . . . . .	54
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>74</b>

# Zusammenfassung

## Einleitung

Die optimale Versorgung proximaler Humerusfrakturen ist aktuell Thema multipler Diskussionen. Abseits der Frage nach der korrekten Indikation zur Operation, ist bislang keine standardisierte operative Behandlungsstrategie etabliert. Komplikationsraten bis zu 55 % werden in der Literatur beschrieben. Neue Operationstechniken und modifizierte Implantate sollen Komplikationen vermeiden und ein besseres Outcome erzielen. Eines dieser neueren Implantate ist die dynamische Verriegelungsschraube (Dynamic Locking Screw - DLS), die ursprünglich für die Frakturversorgung der unteren Extremität entwickelt wurde. Durch Mikrobewegungen zwischen den Elementen der Schraube soll die ossäre Konsolidierung begünstigt werden.

## Methodik

Von Januar 2010 bis Dezember 2012 wurden Patienten mit proximaler Humerusfraktur eingeschlossen, die mittels PHILOS-Platte und dynamischen Verriegelungsschrauben nach einem standardisierten Behandlungskonzept versorgt wurden. Die klinische Evaluation nach einem und zwei Jahren umfasste die Erhebung des Bewegungsumfanges, des Constant Scores (CS), des Subjective Shoulder Values (SSV) und des Long Head of Biceps (LHB)-Scores. Röntgenologische Kontrollen erfolgten nach drei, sechs, zwölf und 24 Monaten. Ziel dieser Arbeit war die Evaluierung des klinischen Outcomes der Patienten und die Erfassung aller aufgetretenen Komplikationen.

## Ergebnisse

53 von 73 Patienten konnten ein Jahr postoperativ nachuntersucht werden. Durchschnittlich konnten 67,4 ( $\pm 12,3$ ) Punkte im CS, 76,4 ( $\pm 14,2$ ) % im SSV und 94,4 ( $\pm 5,0$ ) Punkte im LHB-Score erreicht werden. Die Funktion verbesserte sich von drei Monaten zu sechs und zwölf Monaten postoperativ signifikant. Zwei Jahre postoperativ wurden 48 von 73 Patienten nachuntersucht. Hier wurden 71,3 ( $\pm 13,4$ ) Punkte im CS, 79,8 ( $\pm 14,3$ ) % im SSV und 94,5 ( $\pm 6,3$ ) Punkte im LHB-Score erreicht. Im Nachbehandlungszeitraum von zwei Jahren traten bei 11,1 % nicht-revisionspflichtige Komplikationen auf. Revisionspflichtige Komplikationen traten bei 18,5 % der Patienten auf.

## **Diskussion**

Nach standardisierter operativer Versorgung von 73 Patienten mit proximaler Humerusfraktur wurden 53 Patienten nach einem und 48 Patienten nach zwei Jahren nachuntersucht. Die frühfunktionelle Beweglichkeit zeigt insbesondere im ersten postoperativen Jahr einen Vorteil der operativen Versorgung. Die Humeruskopfnekrose als häufigste Komplikation konnte nicht vermieden werden. Jedoch konnte gezeigt werden, dass durch ein standardisiertes Verfahren primäre Komplikationen signifikant reduziert werden.

# Abstract

## Introduction

The ideal operative treatment of proximal humeral fractures has been discussed extensively. A standard operative treatment is not yet defined. A high rate of complications up to 55% has been described in the literature. Different approaches with various implants and new surgical techniques have already been applied with the aim of fewer complications and a better outcome. The dynamic locking screw (DLS) was initially developed for tibia fractures. It is characterized by its biomechanical features with micro motions between its components.

## Methods

All patients with proximal humeral fractures treated with a multimodel concept with plate osteosynthesis (PHILOS) and DLS at our trauma center between January, 2010 and December, 2012 have been included. The examination one and two years post-operatively included range of motion, Constant Score (CS), Subjective Shoulder Value (SSV) and Long Head of Biceps (LHB)-Score. Radiological evaluation was performed after three, six, twelve and twenty-four months. The aim was to evaluate the clinical outcome and any complications.

## Results

In total, 73 patients were treated with our multimodal concept. Fifty-three of those patients were recruited for the one year follow-up. The functional results present an average CS of 67.4 ( $\pm$  12.3) points, SSV of 76.4 ( $\pm$  14.2) % and LHB-Score of 94.4 ( $\pm$  5.0) points. The function increased significantly from three to six and twelve months post-operatively. Forty-eight of seventy-three patients were re-evaluated at the two year follow-up and reached an average CS of 71.3 ( $\pm$  13.4) points, SSV of 79.8 ( $\pm$  14.3) % and LHB-Score of 94.5 ( $\pm$  6.3) points. Complications with no need of revision occurred in 11.1 % of all patients during the follow-up period of two years. Complications with indication for a revision surgery occurred in 18.5 %.

## **Discussion**

After standard operative treatment of 73 patients with proximal humeral fracture, 53 patients were evaluated after one year and 48 after two years. The early possible range of motion appears advantageous compared to conservative treatment. Secondary osteonecrosis of the humeral head could not be avoided as a major complication in proximal humerus fractures. But primary complications did not occur with our standard treatment.

# 1 Einleitung

## 1.1 Anatomische Grundlagen

### 1.1.1 Humerus

Der Humerus als langer Röhrenknochen der oberen Extremität artikuliert proximal mit dem Glenoid und distal mit Radius und Ulna im Ellbogengelenk. Proximal ist der Humeruskopf Teil des Schultergürtels im Glenohumeralgelenk. Der proximale Humerus besteht aus dem Humeruskopf (Caput humeri), welcher mit dem Glenoid im Glenohumeralgelenk artikuliert. Der anatomische Hals (Collum anatomicum) beschreibt dessen Abgrenzung zum Caput humeri, der chirurgische Hals (Collum chirurgicum) die Abgrenzung zum Schaft. Am Tuberculum majus (Tub. majus) und Tuberculum minus (Tub. minus) setzen die Sehnen der Rotatorenmanschette an: Musculus (M.) supraspinatus, infraspinatus und teres minor inserieren am Tub. majus und der M. subscapularis am Tub. minus. Zwischen den Tubercula findet sich der Sulcus intertubercularis. In diesem verläuft das Caput longum des M. biceps brachii, welches auch als lange Bizepssehne bezeichnet wird [1].

### 1.1.2 Schultergürtel

Der Schultergürtel beinhaltet fünf Gelenken, welche den großen Bewegungsumfang der Schulter ermöglichen. Im Einzelnen sind dies das Sternoklavikulargelenk, Akromioklavikulargelenk und das Glenohumeralgelenk. Diese werden als echte Gelenke der Schulter bezeichnet. Ferner existieren zwei weitere Gelenke, das subakromiale Nebengelenk zwischen Schulterdach und Rotatorenmanschette und das Skapulothorakalgelenk als Gleitlager zwischen dem ventralen Schulterblatt und den Rippen. Diese werden als Nebengelenke bezeichnet [1]. Das Glenohumeralgelenk mit der Artikulation zwischen Humeruskopf und Scapula ist das wichtigste Gelenk im Rahmen der proximalen Humerusfraktur. Durch eine Fraktur im Bereich des Humeruskopfes kann das Gelenk unmittelbar betroffen und die Gelenkfunktion deutlich beeinträchtigt sein.



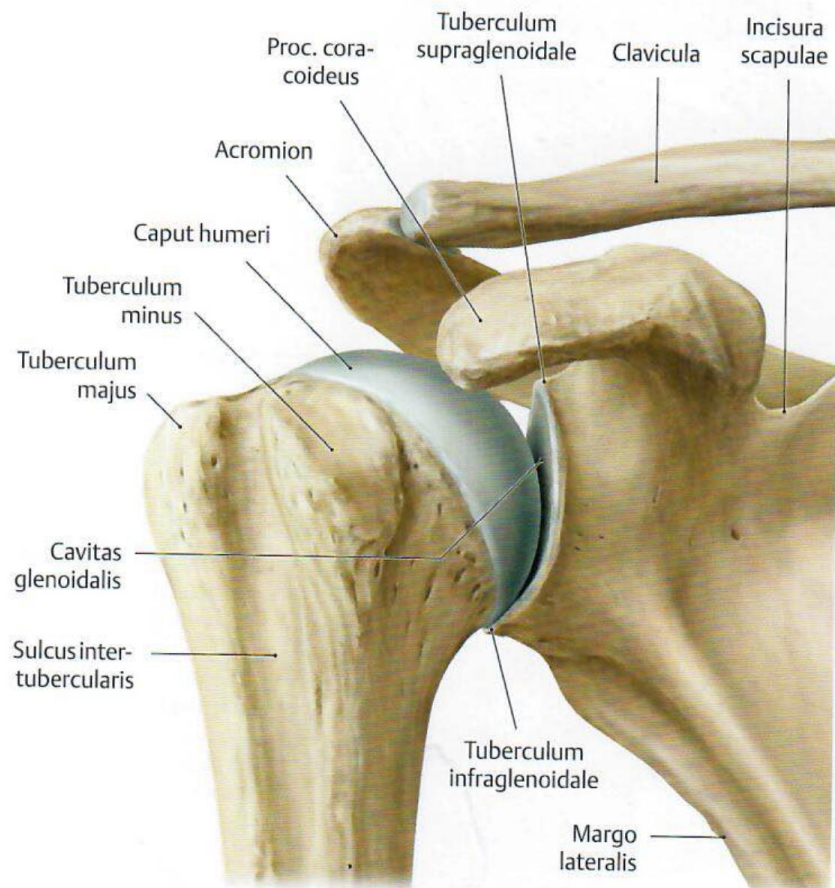


Abbildung 1: Der proximale Humerus mit Artikulation im Glenohumeralgelenk, Ansicht von ventral, aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M und Wesker K. Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 2. Auflage 2007 © Georg Thieme Verlag, Stuttgart [1]

### 1.1.3 Glenohumeralgelenk

Das Glenohumeralgelenk wird gängigerweise auch als Schultergelenk bezeichnet. Als Kugelgelenk ist es das beweglichste Gelenk des ganzen Körpers. Die hohe Beweglichkeit ist bedingt durch den einzigartigen Zusammenbau des Gelenks. Hier artikulieren die Gelenkflächen des Caput humeri und die Cavitas glenoidales miteinander. Die Gelenkfläche des Humeruskopfes ist drei- bis viermal so groß wie die Gelenkfläche des Glenoids. Durch dieses Missverhältnis ist die große Beweglichkeit im Gelenk möglich. Gleichzeitig ist sie aber auch der Grund für eine geringe knöcherne Führung und Stabilität, weshalb der Kapsel- und Bandapparat, sowie die Muskulatur des Schultergelenks für dessen Stabilität eine große Rolle spielt.

#### 1.1.4 Muskulatur des Schultergelenks

Zur Muskulatur des Schultergelenks werden die vier Muskeln der Rotatorenmanschette, sowie der *M. deltoideus*, *M. latissimus dorsi*, *M. teres major*, *M. pectoralis major* und *M. coracobrachialis* gezählt. Sie alle ermöglichen eine Bewegung des Glenohumeralgelenks und sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Muskulatur der Rotatorenmanschette setzt sich aus dem *M. supraspinatus*, *M. infraspinatus*, *M. teres minor* und *M. subscapularis* zusammen. Die Rotatorenmanschette umhüllt den Humeruskopf, indem die Muskeln von ventral und dorsal des Schulterblattes entspringen und an den knöchernen Vorsprüngen ventral und lateral des Humeruskopfes ansetzen. Die Rotatorenmanschette sorgt neben der Bewegung der Schulter auch für die Stabilität des Glenohumeralgelenks. Ferner sind auch zwei Muskeln des Oberarmes an der Schulterbewegung beteiligt. Der *M. biceps brachii* kann mit dem *Caput longum* eine Abduktion und Innenrotation im Schultergelenk durchführen und mit dem *Caput breve* außerdem eine Anteversion. Der *M. triceps brachii* funktioniert mit seinem *Caput longum* als Extensor und Adduktor im Schultergelenk.

#### 1.1.5 Gefäßversorgung

Die Gefäßversorgung im Schulterbereich erfolgt vorrangig über Äste der Arteria (A.) subclavia und A. axillaris. Von der A. axillaris ausgehend versorgen die A. circumflexa anterior humeri (mit Abgang der A. arcuata) und die A. circumflexa posterior humeri, den Humeruskopf mit Blut [2]. Je nach Frakturmorphologie kann es zu einer Verletzung der Gefäße und/oder deren Äste und somit einer Minderdurchblutung mit der Gefahr einer Humeruskopfnekrose kommen.

Welches der beiden Gefäße für die Versorgung des Humeruskopfes entscheidend ist, ist in der Literatur noch nicht eindeutig geklärt. Gerber et al. führten im Jahre 1990 eine Studie an Humanpräparaten durch und propagierten, dass eine vollständige Blutversorgung nur durch die A. circumflexa anterior möglich ist [3]. Hingegen zeigten Brooks et al. drei Jahre darauf, dass trotz Unterbrechung der A. circumflexa anterior eine komplette Perfusion des Humeruskopfes gewährleistet ist [4]. Auch eine weitere Arbeitsgruppe konnte die Wichtigkeit der A. circumflexa posterior in der vaskulären Versorgung des Humeruskopfes belegen [5]. Eine Minderdurchblutung des Humeruskopfes kann zu einer avaskulären Humeruskopfnekrose führen. Im Rahmen der

Tabelle 1: Muskulatur des Schultergelenks mit Funktion und nervaler Innervation, M=Musculus, N=Nervus, Nn=Nervi [1]

<b>Muskel</b>	<b>Funktion</b>	<b>Innervation</b>
<b>M. supraspinatus</b>	Abduktion	N. suprascapularis
<b>M. infraspinatus</b>	Außenrotation	N. suprascapularis
<b>M. teres minor</b>	Außenrotation, schwache Adduktion	N. axillaris
<b>M. subscapularis</b>	Innenrotation	N. subscapularis
<b>M. deltoideus</b>	Pars clavicularis: Anteversion, Innenrotation, Adduktion Pars acromialis: Abduktion Pars spinalis: Retroversion, Außenrotation, Adduktion	N. axillaris
<b>M. latissimus dorsi</b>	Innenrotation, Adduktion, Retroversion	N. thoracodorsalis
<b>M. teres major</b>	Innenrotation, Adduktion, Retroversion	Nn. thoracodorsalis und subscapularis
<b>M. pectoralis major</b>	Adduktion, Innenrotation, Anteversion	Nn. pectorales medialis und lateralis
<b>M. coracobrachialis</b>	Anteversion, Adduktion, Innenrotation	N. musculocutaneus

proximalen Humerusfraktur bedingen verschiedene Faktoren diese Komplikation, wie beispielsweise eine erhöhte Zahl an Frakturfragmenten, eine starke Dislokation der Tubercula, sowie eine glenohumerale Dislokation [6][7].

Der venöse Abfluss der oberen Extremität erfolgt durch tiefe und oberflächliche Venen, die sich aus den Hautvenen des Handrückens und aus Venen der Unterarmbeugeseite speisen. Als wichtigste venöse Struktur im Bereich des proximalen Humerus ist die Vena cephalica zu nennen, die am medialen Rand des M. deltoideus zwischen diesem und dem M. pectoralis major verläuft. Sie kann bei dem operativen Zugangsweg zur Versorgung der proximalen Humerusfraktur im Sulcus deltoideopectoralis dargestellt werden und sollte geschont werden, um dadurch bedingte Komplikationen, wie beispielsweise eine Thrombose des Armes, zu vermeiden.

### 1.1.6 Nervenversorgung

Die Schulter- und Armmuskulatur wird über den Plexus brachialis innerviert, der sich aus den vorderen Ästen der Spinalnerven des fünften bis achten Zervikalnervs und aus dem ersten Thorakalnerv bildet [8]. Die Spinalnerven vereinigen sich zunächst zum Truncus superior, Truncus inferior und Truncus medius. Aus diesen Trunci findet etwa auf Höhe der Clavicula eine Umgruppierung zu Faszikeln statt. Im Bereich der Trunci und aus den drei durch verschiedene Nervenstränge gebildeten Fasciculus posterior, lateralis und medialis gehen die einzelnen Nerven zur Versorgung der Schulter und des Armes hervor. Relevante Nerven zur Versorgung der Schulter sind die motorischen Nervenäste zur Versorgung der Rotatorenmanschette und des M. deltoideus, sowie Nervenäste zur sensiblen Versorgung der Schulter. Die Rotatorenmanschette wird durch unterschiedliche Nerven versorgt. Der N. suprascapularis innerviert den M. supraspinatus und M. infraspinatus. Die Nervi (Nn.) subscapulares innervieren den M. subscapularis. Der M. teres minor wird durch den N. axillaris innerviert (Tabelle 1).

Die sensible Versorgung der Schulter erfolgt durch verschiedene Hautäste aus dem Plexus brachialis. Die Nn. supraclavicularis versorgen den kranialen Teil der Schulter. Rami cutanei anteriores, die als sensible Äste aus den Nn. intercostales hervorgehen, versorgen den ventralen Teil der Schulter. Den Großteil der sensiblen Versorgung übernehmen Äste aus dem N. axillaris über den N. cutaneus brachii lateralis superior. Hierdurch werden die lateralen und dorsalen Anteile der Schulter sensibel versorgt.

## 1.2 Proximale Humerusfraktur

### 1.2.1 Relevanz und Epidemiologie

Der demografische Wandel mit Überalterung der Gesellschaft nimmt im beginnenden 21. Jahrhundert eine bedeutende Rolle ein. Daten des statistischen Bundesamts zufolge wird die Zahl der über 60-Jährigen bis zum Jahr 2030 um 34,5 % im Vergleich zu 2009 ansteigen. Bis 2050 soll sich diese Zahl weiter erhöhen, sodass 40 % der Bevölkerung über 60 Jahre alt sein werden [9]. Diese Entwicklungen stellen Politik und Wirtschaft vor große Herausforderungen. Auch das Gesundheitssystem wird sich mit der sich drastisch veränderten Altersstruktur und den

damit einhergehenden Veränderungen befassen, arrangieren und umstrukturieren müssen. Dies betrifft sowohl wirtschaftliche als auch medizinische Aspekte. Von den Auswirkungen des demografischen Wandels werden insbesondere Fachbereiche der Medizin betroffen sein, die sich mit Erkrankungen des älteren Menschen befassen. Hierzu zählen unter anderem Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Neubildungen und Atemwegserkrankungen, welche im Zeitraum von 2009 bis 2030 laut statistischem Bundesamt zu einer Zunahme der Krankenhausaufenthalte um 10-26 % führen werden [9]. Krankenhausaufenthalte aufgrund von Erkrankungen des muskuloskeletalen Systems werden während dieses Zeitraumes um etwa 4 % zunehmen. Zu dieser Gruppe zählen neben degenerativen Erkrankungen und Arthrose, auch Sehnen- und Muskelverletzungen sowie Frakturen. Zu den altersbedingten, mit Osteoporose assoziierten Frakturen gehören Wirbelkörperfrakturen, Schenkelhalsfrakturen, Radiusfrakturen, sowie proximale Humerusfrakturen [10]. Der Anspruch der medizinischen Versorgung sollte es sein, Patienten mit genannten Frakturen eine optimale Versorgung zukommen zu lassen, mit dem Ziel die Mortalität zu senken, Komplikationen zu vermeiden und eine Selbstständigkeit im Alter zu gewährleisten.

Die proximale Humerusfraktur oder Humeruskopffraktur gehört zu den häufigsten Frakturen im Erwachsenenalter. Sie macht 5,7 % aller Frakturen und 50 % - 79 % aller Humerusfrakturen aus [11][12]. Die Inzidenz liegt bei rund 100 pro 100.000 Einwohner pro Jahr [13]. Die Inzidenzrate nimmt mit zunehmendem Alter erheblich zu. Es zeigt sich ein saisonal gehäuftes Auftreten im Winter, was durch vermehrte, wetterbedingte Stürze begründet ist [12]. Frauen sind häufiger betroffen als Männer, das Verhältnis liegt bei 2-3 zu 1. Begründet wird dies in der Literatur vorwiegend durch den insbesondere postmenopausal osteoporotischen Knochen [11][13][14][15].

In der Literatur finden sich vorwiegend Studien, die sich mit der Humeruskopffraktur des älteren Patienten befassen, welche auch den Großteil des Patientenkollektivs im klinischen Alltag ausmachen. Die Definition des „älteren Patienten“ variiert von Studie zu Studie. Größtenteils findet sich ein cut-off bei  $60 \pm 10$  Jahren [12][16][17]. Arbeiten aus dem europäischen, amerikanischen und asiatischen Raum konnten zeigen, dass die Inzidenz der proximalen Humerusfraktur in den vergangenen Dekaden anstieg und sagen für die kommenden Dekaden eine Fortsetzung dieses Trends voraus [14][18][19]. Eine schottische Studie an 13 % der Gesamtbevölkerung zeigte, dass sich die Inzidenz mit einem Zuwachs von 48 auf 99 Fälle pro 100.000 Einwohner innerhalb von

17 Jahren mehr als verdoppelte [20]. Dimai et al. wiesen an einem österreichischen Kollektiv einen linearen Trend der Inzidenzerhöhung um 2,9 % pro Jahr für Frauen und 1,6 % pro Jahr für Männer nach [21]. Eine häufig zitierte finnische Arbeit von Palvanen et al. aus dem Jahr 2006 kommt auf eine durchschnittliche Erhöhung von Humeruskopffrakturen bei über 60-Jährigen um 13,7 % pro Jahr. In Anbetracht der sich verändernden Altersstruktur sagen die Autoren voraus, dass sich die Zahl an Humeruskopffrakturen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2006 verdreifachen wird [18]. Die Arbeiten aus den Vereinigten Staaten von Amerika (United States of America - USA) legen eine ähnliche Trendentwicklung dar. Khatib et al. zeigten einen Anstieg der Inzidenz von 1990 bis 2010 von 15,4 auf 19,4 Fälle pro 100.000 Einwohner. Patienten über 65 Jahre machten dabei 71,5 % der Fälle aus, für diese Gruppe war die Erhöhung der Inzidenz signifikant. Bei unter 65-Jährigen zeigte sich kein signifikanter Anstieg, weshalb die Autoren auf einen Zusammenhang der proximalen Humerusfraktur mit Alter und Osteoporose schlossen [22]. Eine weitere Arbeit aus den USA sagt eine Erhöhung der Inzidenz um 50 % bis 2030 vorher. Ferner wurde gezeigt, dass die Rate an Humeruskopffrakturen altersabhängig einer exponentiellen Funktion ähnelt. Für Frauen trifft dies für den Altersbereich von 40 bis 84 Jahren und für Männer zwischen 60 und 89 Jahren zu [14]. Auch eine Arbeitsgruppe aus Südkorea wies eine Inzidenzerhöhung von Humeruskopffrakturen bei über 50-Jährigen um 40,5 % innerhalb von fünf Jahren (2008-2012) nach. Die Gesamtpersonenzahl in dieser Altersgruppe während des gleichen Zeitraums erhöhte sich hierbei lediglich um 19,5 %, was für ein gehäuftes Auftreten mit steigendem Alter spricht [19]. Die genannten Studien aus verschiedenen Kontinenten zeigen, dass weltweit die Inzidenz und damit die Relevanz der proximalen Humerusfraktur steigt. Neue, verbesserte Therapiekonzepte könnten zukünftig vielen Patienten helfen.

Seltener ist das Auftreten von proximalen Humerusfrakturen bei jüngeren Patienten, hier sollte die optimale Versorgung zur Erhaltung der Arbeitsfähigkeit im Fokus stehen. Die Altersangaben variieren von Studie zu Studie. Gemeint sind im Allgemeinen Patienten unter dem 50. bzw. 60. Lebensjahr [23][24]. Hierbei führen vorwiegend Stürze aus großen Höhen, sowie Verkehrs- und insbesondere Motorradunfälle zum Auftreten dieser Fraktur [25]. Mehrheitlich betroffen sind Männer unter dem 40. Lebensjahr [26]. Die durch Hochrasanztraumata bedingte hohe Energieeinwirkung kann zu komplexeren Frakturmorphologien führen [25]. Es treten unter anderem stark dislozierte Frakturen, Mehrpart- und Trümmer-Frakturen des proximalen Humerus auf.

Die Behandlung schwerwiegender Frakturen stellt einen hohen Anspruch an die Versorgung, da sie im Vergleich zu einfachen Humeruskopffrakturen mit hohen Komplikationsraten, wie zum Beispiel der Humeruskopfnekrose, einhergehen [24]. Aufgrund der besseren Knochenqualität sollte gerade bei jüngeren Patienten auch bei komplexen Frakturmustern, wie beispielsweise dislozierten 4-Part-Frakturen, ein Gelenkerhalt mittels Osteosynthese angestrebt werden [23].

## **1.2.2 Frakturklassifikationen**

**1.2.2.1 Klassifikation nach AO** Zur Einteilung der proximalen Humerusfraktur stehen verschiedene Klassifikationssysteme zur Verfügung. Die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) bietet Klassifikationssysteme für ein weites Spektrum von Frakturen an [27]. Die Einteilung erfolgt durch eine strukturierte Kombination aus Zahlen und Buchstaben. Proximale Humerusfrakturen beginnen nach der AO-Klassifikation mit der Zahlenkombination „11“ . Hierbei steht die erste Ziffer für den Humerus und die zweite Ziffer für das proximale Segment. Eine Fraktur des Humerusschaftes beginnt mit der Zahlenkombination „12“ und eine distale Humerusfraktur mit der Zahlenkombination „13“ . Aufsteigend nach Schweregrad wird die Humeruskopffraktur in die Gruppen A, B und C unterteilt. Diese folgen auf die Zahlenkombination „11“ . Frakturen vom A-Typ sind unifokale und extraartikuläre Brüche. Es findet sich hier also nur eine Frakturlinie und das Glenohumeralgelenk ist nicht betroffen. Bei Typ B-Frakturen handelt es sich um bifokale, extraartikuläre Frakturen. Auch hier zieht keine Bruchlinie zur artikulierenden Gelenkfläche, es finden sich jedoch mehrere Bruchlinien. Frakturen vom C-Typ betreffen die Gelenkfläche und sind somit intraartikulär. Jede Gruppe wird zur spezifischeren Beschreibung weiter unterteilt, sodass für die proximale Humerusfraktur insgesamt neun verschiedene Frakturkategorien vorhanden sind, welche sich durch die Kombinationen 11-A1 bis 11-C3 ausdrücken lassen, siehe Abbildung 2. Es existiert noch eine weitere Unterteilung zur spezifischeren Klassifikation der Humeruskopffraktur, die die Einteilung in insgesamt 27 Unterkategorien ermöglicht, hierbei werden durch die Kombinationen 11-A1.1 bis 11-C3.3 noch genauere Angaben über die Frakturstellung und betroffene Fragmente gemacht [28].

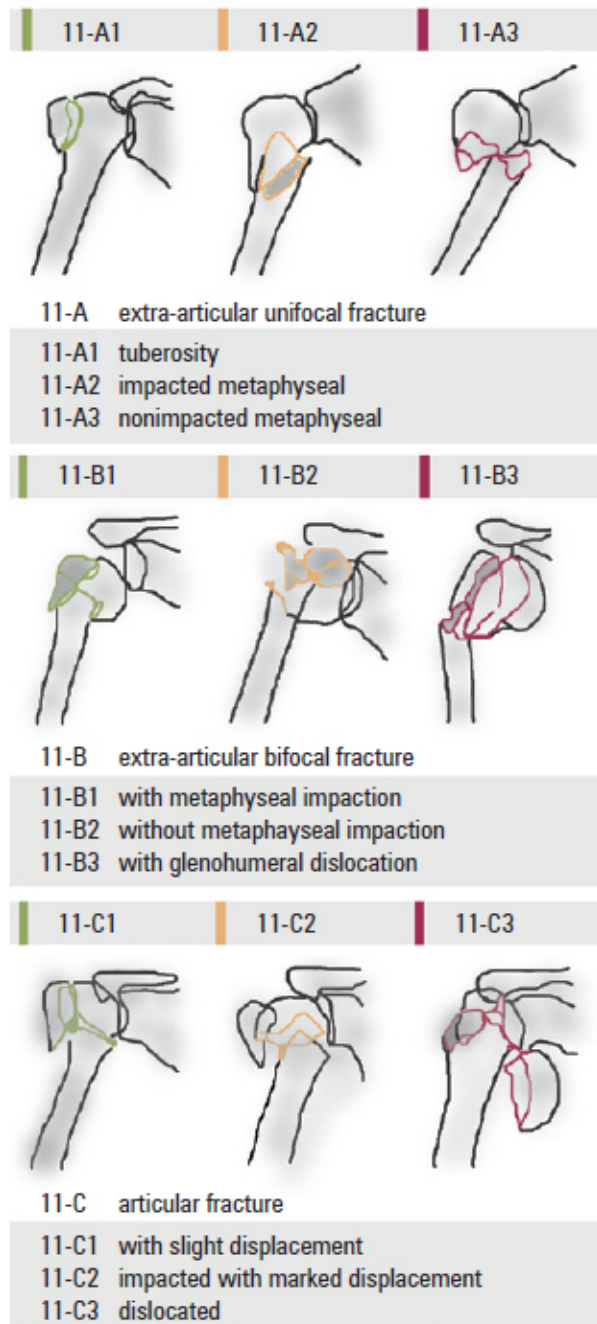


Abbildung 2: Frakturklassifikation der AO für die Einteilung proximaler Humerusfrakturen. AO=Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, aus: [www.aofoundation.org](http://www.aofoundation.org) [28]



**1.2.2.2 Klassifikation nach Codman** Ernest Amery Codman publizierte im Jahre 1934 eine gut verständliche Einteilung der proximalen Humerusfraktur [29]. Er teilte den Humeruskopf in vier Hauptfragmente ein. Die Einteilung erfolgte in den Humeruskopf (bis zum Collum anatomicum), das Tub. majus, das Tub. minus und den Humerusschaft. Je nach Anzahl der Frakturfragmente kamen so unterschiedliche Frakturmuster zustande, welche mit erhöhter Anzahl der Fragmente komplexer wurden. Die ursprüngliche Klassifikation wird im klinischen Alltag nur selten verwendet, jedoch findet sich der Ursprungsgedanke der vier Fragmente in folgenden Klassifikationen wieder.

**1.2.2.3 Klassifikation nach Neer** 1970 veröffentlichte Charles Neer eine Frakturklassifikation der Humeruskopffraktur, die in der Praxis heute noch genutzt wird. Er orientierte sich an den von Codman beschriebenen vier Hauptfragmenten, teilte aber die Frakturen insbesondere nach dem Dislokationsgrad ein [7]. Er etablierte insbesondere eine genaue Definition der Dislokation und Abkippung. Als minimal disloziert beschrieb er Frakturen mit einer Fragmentverschiebung von unter einem Zentimeter oder einer Abkippung von unter  $45^\circ$ . Gruppe I stellte minimal dislozierte Frakturen dar und der Gruppe II ordnete er Frakturen am Collum anatomicum zu. Die Gruppe III stellte dislozierte Humeruskopffrakturen dar, der Definition nach mit einer Abkippung von  $\geq 45^\circ$  und/oder einer Fragmentverschiebung von  $\geq 1$  cm.

**1.2.2.4 Weitere Klassifikationssysteme** Es existiert eine Vielzahl von Klassifikationssystemen sowie Modifikationen bereits bestehender Klassifikationssysteme zur Einteilung der Humeruskopffraktur. Die Habermeyer-Klassifikation beispielsweise ist eine Modifikation der oben genannten Neer-Klassifikation und unterteilt die Frakturtypen O, A, B, C und X [30]. Zum Frakturtyp O zählen minimaldislozierte Frakturen und zum Frakturtyp X zählen Luxationsfrakturen. Typ A Frakturen sind extrakapsuläre Frakturen der Tubercula. Typ B stellen Dislokationsfrakturen mit Frakturverlauf am Collum chirurgicum dar und Typ C Frakturen stellen intrakapsuläre Frakturen mit einem Frakturverlauf am Collum anatomicum dar. Eine weitere Klassifikation ist die Codman-Hertel-Klassifikation. Diese beschreibt sehr bildlich anhand von LEGO-Bausteinen 12 mögliche Frakturtypen bei fünf möglichen Frakturebenen [6]. Boileau et al. definierten eine weitere Klassifikation anhand einer retrospektiven Studie an ei-

nem Patientenkollektiv von etwa 200 Patienten und fügten den unterschiedlichen Frakturtypen Versorgungsstrategien bei [31].

### 1.2.3 Diagnostik

**1.2.3.1 Klinische Diagnostik** Die ausführliche Anamnese, die klinische Untersuchung sowie die radiologische Bildgebung sind die Säulen der Diagnostik bei dem Verdacht auf eine Humeruskopffraktur. Durch die Anamnese ist der Ablauf des Unfallhergangs oder bei einem Sturz der genaue Sturzmechanismus herauszufinden. Mögliche Risikofaktoren sollten erfragt und erfasst werden. Während sich jüngere Patienten durch Hochrasanztraumata eine Humeruskopffraktur zuziehen können, kann bei älteren Patienten schon ein Sturz aus dem Stand zu solch einer Fraktur führen [25]. Zu möglichen Risikofaktoren, vor allem bei älteren Patienten, zählen beispielsweise eine Osteoporose oder eine Langzeit-Kortisontherapie. Bei der Wahl der optimalen Diagnostik und Therapie für den einzelnen Patienten sollten diese Risikofaktoren herangezogen werden. Gerade eine genaue Kenntnis der Frakturmorphologie ist bei einer mit einer Osteoporose einhergehenden Frakturen unverzichtbar [32]. Zur klinischen Untersuchung gehören die Inspektion, Palpation und Testung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität der betroffenen Extremität. Bei der Sensibilität ist vor allem die posttraumatische Prüfung des N. axillaris wichtig. Patienten mit einer Humeruskopffraktur weisen meist eine Schonhaltung des betroffenen Armes auf. Auch eine Schwellung im Bereich des Oberarmes oder Hämatome können inspektorisch einen Anhalt auf eine Fraktur geben. Aufgrund der eingeschränkten Beweglichkeit und vorliegender Schmerzen sind spezifische Schultertests nicht möglich und sollten vermieden werden. Wenn der klinische Verdacht auf eine proximale Humerusfraktur besteht, ist es unverzichtbar die Diagnose zeitnah durch eine bildgebende Diagnostik zu sichern.

**1.2.3.2 Radiologische Diagnostik** Die radiologische Bildgebung stellt neben der klinischen Untersuchung eine weitere wichtige Säule der Diagnostik dar. Durch die Röntgenaufnahmen können die knöcherne Heilung und die Implantatlage beurteilt werden. Aussagen über den Heilungsverlauf können durch die Auswertung der Röntgenaufnahmen getroffen und außerdem Komplikationen detektiert werden. Das Röntgen der Schulter in mindestens zwei Ebenen ist die

radiologische Basisdiagnostik nach Trauma der Schulter. Die Standardaufnahmen der Schulter sind die true-a.-p., Y-Aufnahme und axiale Aufnahme [33]. Auf die unterschiedlichen Ebenen wird im Methodik-Teil eingegangen.

Ergänzend ist über eine computertomografische Untersuchung der betroffenen Schulter nachzudenken, um die Fraktur genauer beurteilen zu können. Insbesondere bei komplexen Frakturen halten einige Autoren die ergänzende computertomografische Untersuchung für obligat [34]. Die Sonographie kann zusätzlich zur Darstellung der Weichteile hinzugezogen werden. Sie ist meist schnell verfügbar und bietet bei geübten Radiologen oder Unfallchirurgen eine hohe Aussagekraft bezüglich Rupturen der Rotatorenmanschette und der Bizepssehne [35].

#### **1.2.4 Versorgung der proximalen Humerusfraktur**

Den Großteil proximaler Humerusfrakturen stellen minimaldislozierte Frakturen dar, die konservativ behandelt werden können [30]. Minimaldisloziert werden Frakturen benannt, die eine Achsenabweichung von  $\leq 45^\circ$  aufweisen und/oder eine Fragmentverschiebung von  $\leq 1$  cm [7]. In manchen Patientenkollektiven scheint eine konservative Therapie auch bei dislozierten Frakturen vergleichbare und teils bessere Ergebnisse im Vergleich zur operativen Versorgung zu bringen. Dies zeigten Olerud et al. in einer klinischen Vergleichsstudie bei dislozierten 3-Part-Frakturen älterer Patienten [36]. Die Entscheidung zur Versorgungsstrategie (operativ versus konservativ) sollte nicht nur unter Berücksichtigung der Frakturmorphologie getroffen werden. Ebenso sind der Zustand des Patienten, seine Komorbiditäten und etwaige Begleitverletzungen, aber auch seine Anspruchshaltung und Compliance zu analysieren. Diese Punkte sollten in die individuelle Entscheidungsfindung über die optimale Versorgung einbezogen werden.

**1.2.4.1 Konservative Therapie** Wenn die Indikation zur konservativen Versorgung gestellt wurde, sollte eine funktionelle Ruhigstellung für ca. zwei Wochen erfolgen. Hierzu können beispielsweise ein Gilchrist- oder Desault-Verband oder ein Abduktionskissen zum Einsatz kommen. Je nach Frakturmorphologie und Knochenqualität kann das Zeitintervall der Ruhigstellung angepasst werden. Während der Ruhigstellung ist eine passive Beübung des Schultergelenks wichtig, um eine Schultersteifigkeit zu vermeiden. In Ausnahmefällen, wie zum Beispiel bei stark

dislozierten Frakturen, kann auch eine absolute Immobilisation von 2-3 Wochen angebracht sein. Das Risiko einer Schultersteife bei ausbleibender Bewegung des Schultergelenks muss in diesen Fällen individuell abgewogen werden. Nach entsprechender Ruhigstellung kann die aktive Bewegung im Schultergelenk begonnen und schrittweise gesteigert werden [37].

**1.2.4.2 Operative Therapie** Nachdem die Indikation zur operativen Versorgung einer proximalen Humerusfraktur gestellt wurde, stellt sich die Frage nach der Art des operativen Verfahrens. Das Spektrum an operativen Versorgungsmethoden der proximalen Humerusfraktur ist groß. Je nach Frakturmorphologie, zur Verfügung stehenden Implantaten und Operateur variiert die Auswahl des Verfahrens. Mögliche Verfahren sind unter anderem die Marknagelung, die Anwendung von Platten-, Draht- oder Schraubenosteosynthesen und die primäre endoprothetische Versorgung. Eine Studie an Krankenhäusern in Deutschland, Österreich und der Schweiz im Jahr 2009 ergab, dass die winkelstabile Plattenosteosynthese mit 63 % am häufigsten angewandt wird [38]. Hier zeigen sich allerdings signifikante Unterschiede zwischen den Ländern. So wird die Plattenosteosynthese in der Schweiz in 79 % der Fälle angewandt, in Deutschland in 63 % der Fälle und in Österreich bei 52 % der Patienten. Es wurde ferner ausgewertet, welche Implantate in den jeweiligen Kliniken überhaupt zur Verfügung stehen. Die winkelstabile Plattenosteosynthese steht mit 98 % in fast jeder Klinik zur Verfügung. Endoprothesen und Nagelosteosynthesen sind mit 89 % und 74 % zwar häufig, aber seltener als die Plattenosteosynthesen vorhanden. Schrauben oder Drahtosteosynthesen lassen sich lediglich in 38,2 %, konventionelle Plattenosteosynthesen in 8,3 % der Krankenhäuser finden [38]. Die Verwendung von Nagelosteosynthesen wird insbesondere für die Versorgung von 2-Part-Frakturen propagiert, seltener für die Anwendung bei Mehrpart-Frakturen [39][40]. Vorteile scheinen unter anderem die durch den Zugang bedingte Schonung des N. axillaris zu sein und die Möglichkeit der Mitversorgung einer tiefer in den Schaft reichenden Frakturkomponente [41]. Als Komplikationen tauchen neben Schraubendislokationen und Humeruskopfnekrosen auch iatrogene Frakturen auf, die durch das Einbringen des Nagels entstehen können [41].

### 1.3 Zielsetzung der Arbeit

Obwohl die proximale Humerusfraktur zu den häufigsten Frakturen, insbesondere des älteren Patienten zählt, gibt es kein Verfahren, welches sich als absolut überlegen erwiesen hat. Die in der Literatur genannten Komplikationsraten sind hoch. Teilweise werden Komplikationsraten bis zu 55 % beschrieben [52][53]. Derzeit werden national und international unterschiedliche operative Techniken zur Versorgung der proximalen Humerusfraktur angewandt und propagiert. Die im deutschsprachigen Raum zur operativen Versorgung verwendeten Implantate sind vorwiegend winkelstabile Plattenosteosynthesen (63 %), gefolgt von Marknagelosteosynthesen und Frakturprothesen [38]. Die Plattenosteosynthese wird für 2-, 3- und 4-Part-Frakturen und auch komplexere Frakturen, wie Headsplit- und Luxationsfrakturen empfohlen [44][45][54]. Ein Trend hin zur primären endoprothetischen Versorgung zeigt sich im amerikanischen Raum, wobei der Einsatz von Plattenosteosynthesen auf einem stabilen Niveau bleibt [55]. Innovative Ansätze zur Fixation des proximalen Humerus lassen sich in der Literatur der letzten Dekade finden, beispielsweise die Versorgung durch einen Humerusblock oder auch verschiedene minimalinvasive Verfahren am proximalen Humerus mit Verwendung von Plattenosteosynthesen [56][57][58][59][60]. Dennoch geht dieses wie auch andere Verfahren mit hohen Komplikations- und Revisionsraten einher, sodass sich bislang noch keine Operationstechnik in großem Maße hervorheben konnte [53][61].

Die Zielsetzung der Arbeit war die Evaluierung eines neuen standardisierten Konzepts in der Versorgung von proximalen Humerusfrakturen. Nach der Versorgung durch eine Plattenosteosynthese und dynamische Verriegelungsschrauben (Dynamic Locking Screw - DLS) wurden postoperative klinische und radiologische Ergebnisse in einem Zeitraum von zwei Jahren postoperativ ausgewertet. Insbesondere auf die Ergebnisse nach ein und zwei Jahren postoperativ soll ein besonderer Fokus gesetzt werden, da uns die Ergebnisse bis zu sechs Monaten postoperativ nicht für eine Aussage über die echte Komplikationsrate ausreichen. Bei dem durch den demografischen Wandel zu erwarteten Anstieg proximaler Humerusfrakturen ist die schnelle Genesung mit früher aktiver Schulterbeweglichkeit anzustreben. In den durchgeführten postoperativen Scores spielte auch die Fragestellung der Funktionalität im Alltag, im Beruf und beim Sport eine wichtige Rolle. Des Weiteren wurden alle im Verlauf aufgetretenen Komplika-

tionen erfasst und ausgewertet. Die Komplikationsanalyse sollte unter anderem einen kritischen Blick auf das im Rahmen der vorliegenden Arbeit neu am proximalen Humerus verwendete Implantat (DLS) werfen. Mögliche Vor- und Nachteile sollten herausgearbeitet und mit in der Literatur genannten Komplikationen verglichen werden.

## 2 Methodik

Es handelt sich bei folgender Arbeit um eine klinische, prospektive, nicht-randomisierte Kohortenstudie. Ziel der Studie war die Erhebung klinischer und radiologischer Ergebnisse nach standardisierter operativer Versorgung von proximalen Humerusfrakturen. In die Studie eingeschlossen wurden Patienten, die von Januar 2010 bis Dezember 2012 eine proximale Humerusfraktur erlitten und im Virchow-Klinikum der Charité - Universitätsmedizin Berlin operativ durch eine PHILOS-Platte (Proximal Humerus Internal Locking System, Firma Synthes, Oberdorf, Schweiz) und dynamische Verriegelungsschrauben (Dynamic Locking Screws, DLS, Firma DePuy Synthes, Zuchwil, Schweiz) versorgt wurden. Nur volljährige Patienten wurden eingeschlossen. Alle Frakturtypen, einschließlich Luxations- und Headsplitfrakturen wurden in die Studie mit einbezogen. Patienten nach Polytrauma wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Anhand eines standardisierten Dokumentationsbogens wurden der Frakturtyp, die Knochenqualität und die Stabilität des implantierten Materials sowie der reponierten und fixierten Fraktur postoperativ durch den Operateur beurteilt. Die Knochenqualität konnte auf einer numerischen Skala von eins (sehr gut) bis fünf (schlecht) angegeben werden. Bei der Frakturfixierung wurde das Einbringen der Schrauben (DLS Insertion) sowie die Kopfverriegelung der Platte (Head locking in the Locking Compression Plate) durch die Angabe von „exzellent, gut, zufriedenstellend oder schlecht“ bewertet. Auch die gesamte Operation wurde durch die Angaben „schwierig, moderat oder leicht“ beurteilt.

Nach der Entlassung aus dem Krankenhaus erfolgten regelmäßige klinische und radiologische Nachuntersuchungen. Die Patienten wurden hierfür in die Sprechstunde der Schulterchirurgie einbestellt und drei, sechs und zwölf Wochen postoperativ, sowie sechs, zwölf und 24 Monate postoperativ nachuntersucht. Zu der Nachuntersuchung gehörten eine umfangreiche klinische

Untersuchung, die Erhebung von verschiedenen Schulter-Scores und eine Kraftmessung der betroffenen Schulter und der Gegenseite. Ferner wurde eine Röntgenkontrolle der Schulter in mindestens zwei Ebenen durchgeführt.

Die klinische Nachuntersuchung sowie die Erhebung der genannten Scores wurde durch eine Person durchgeführt, um eine Inter-Observer-Variabilität zu vermeiden. Aufgetretene Komplikationen wurden erfasst und ausgewertet. Ein positives Ethikvotum liegt vor.

## **2.1 Einschlusskriterien**

- Operative Versorgung einer Humeruskopffraktur
- Verwendung einer winkelstabilen Platte und dynamischer Verriegelungsschrauben
- Volljährige Patienten
- Versorgung zwischen Januar 2010 und Dezember 2012
- Versorgung im Virchow-Klinikum der Charité - Universitätsmedizin Berlin

## **2.2 Implantate**

### **2.2.1 Winkelstabile Plattenosteosynthese**

Die winkelstabile Plattenosteosynthese gilt als das im deutschsprachigen Raum am häufigsten angewandte Implantat bei der Versorgung proximaler Humerusfrakturen [38]. Sie zeichnet sich durch ihre winkelstabile Eigenschaft mit verminderter Rigidität und vermehrter Dynamik aus. Dies wird dadurch gewährleistet, dass die Schrauben direkt an der Platte verriegelt werden und das Implantat somit im Sinne eines Fixateur intern funktioniert [42]. An Kadaverstudien konnte gezeigt werden, dass winkelstabile Platten im Vergleich zu nichtwinkelstabilen Platten eine geringere Ermüdungsbelastung und weniger Steifigkeit zeigen [43]. So kann davon ausgegangen werden, dass eine frühfunktionale Schulterbewegung ausgeführt werden kann. Die Plattenosteosynthese findet in der operativen Versorgung proximaler Humerusfrakturen bei vielfältigen Frakturen Verwendung. Sie kann sowohl bei einfachen als auch sehr komplexen Frakturen angewandt werden. Insbesondere auch Luxationsfrakturen oder gar Headsplitfrakturen stellen keine Kontraindikation dar [44][45]. Ferner eignet sie sich aufgrund der Winkelstabilität auch zur



Abbildung 3: Die winkelstabile PHILOS-Platte (Proximal Humerus Internal Locking System), Firma DePuy Synthes, Zuchwil, Schweiz, aus: [www.depuysynthes.com/ifu](http://www.depuysynthes.com/ifu) [47]

Versorgung proximaler Humerusfrakturen bei osteoporotischen Knochen. Hier kann und sollte die Operationstechnik je nach Knochenmorphologie angepasst werden. Mitunter wird die Verwendung von möglichst langen Schrauben empfohlen um eine entsprechende Stabilität zu gewährleisten. Diese sollten zwei bis drei Millimeter nach subchondral reichen, um eine sekundäre Schraubenperforation zu vermeiden [46]. Es gibt verschiedene winkelstabile Platten unterschiedlicher Hersteller. Die in dieser Studie verwendete Platte ist die PHILOS-Platte der Firma Synthes. PHILOS steht für „Proximal Humerus Internal Locking System“ , siehe Abbildung 3.

### 2.2.2 Dynamische Verriegelungsschrauben

Die dynamische Verriegelungsschraube (Dynamic Locking Screw, DLS) wurde primär für die Versorgung von Tibiafrakturen entwickelt und zeichnet sich durch ihre besonderen biomechanischen Eigenschaften aus. Die DLS misst einen Querdurchschnitt von 3,7 mm und ist aus zwei Teilen aufgebaut, einem Stift „pin“ , welcher in eine Hülse „sleeve“ hineinragt (Abbildung 4). Am distalen Ende der Schraube sind diese Komponenten miteinander verbunden, wohingegen



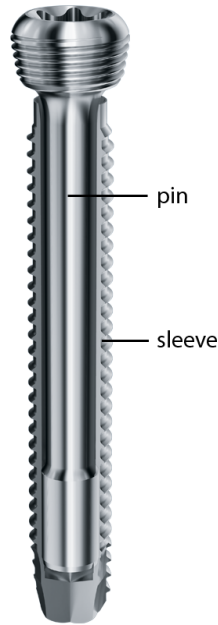


Abbildung 4: Die dynamische Verriegelungsschraube (DLS®) im Querschnitt mit den Komponenten Hülse (sleeve) und Stift (pin), Firma DePuy Synthes, West Chester, USA, aus: [www.synthes.vo.llnwd.net](http://www.synthes.vo.llnwd.net) [50]

proximal ein Spalt zwischen diesen zwei Schraubenanteilen vorhanden ist. Die Schrauben sollen dadurch eine gewisse interfragmentäre Bewegung von bis zu 0,2 mm zulassen. Des Weiteren sollen sie die axiale Steifigkeit verringern und zu bis zu 22 % mehr Kallusbildung führen, was eine tierexperimentelle Studie an Schweizer Alpenschafen belegen konnte [48]. Eine weitere Studie verglich mittels biomechanischer Messungen herkömmliche Verriegelungsschrauben (Locking Screws - LS) mit DLS an verschiedenen Frakturmodellen (Quer-, Schräg- und Spiralfrakturen). Hierbei zeigte die DLS im Gegensatz zur LS eine um 50 % größere interfragmentäre Bewegung von  $423 \mu m$ , die axiale Steifigkeit wurde durch die DLS außerdem um 26 % verringert [49]. Die DLS zeigten bei den genannten Arbeiten des Weiteren keine Nachteile in der Handhabung bei Implantation und Explantation der Osteosynthese sowie ihrer Festigkeit. Neben den physikalischen und biomechanischen Eigenschaften haben diese Schrauben als weitere Besonderheit ein abgerundetes Schraubenende. Die stumpfen Schraubenenden sollen im Falle eines „cutting out“ zu weniger Verletzungen der glenoidalen Gelenkfläche führen.

Klinische Studien zur Verwendung von dynamischen Verriegelungsschrauben bei proximalen Humerusfrakturen sind rar. Eine 2014 publizierte Multizenterstudie beinhaltet Daten von 56

Patienten mit einem Follow-up von 6 Monaten [51]. Hier wurde geschlussfolgert, dass die Verwendung von DLS zu weniger sekundären Schraubenperforationen führt. Daten über ein länger reichendes Follow-up sind in der Literatur nicht zu finden.

## 2.3 Operative Technik

Die Operation von proximalen Humerusfrakturen durch winkelstabile Plattenosteosynthesen wird von mehreren erfahrenen Operateuren der Unfallchirurgie des Virchow-Klinikums durchgeführt. Der Großteil der Patienten wurde in dem genannten Zeitraum von einem Schulterchirurg versorgt. Die folgend genannte Operationstechnik orientiert sich an dessen OP-Technik. Diese OP-Technik wurde 2014 im Buch „Die proximale Humerusfraktur“ beschrieben [42].

Der operative Zugangsweg erfolgt durch einen Hautschnitt medial des Musculus deltoideus. Nach Präparation durch das Subkutangewebe wählt man den Zugang zwischen dem M. deltoideus und dem M. pectoralis major. Dieser Zugangsweg wird delto-pectoraler Zugangsweg genannt und unterscheidet sich vom sogenannten Delta-Split-Zugang, bei dem durch den M. deltoideus präpariert wird. Beim delto-pectoralen Zugangsweg wird die V. cephalica, die am medialen Rand des M. deltoideus liegt, nach lateral weggehalten und geschont. Nach Präparation und Darstellung der Fraktur wird bei frakturiertem Tub. majus oder Tub. minus und als Repositionshilfe eine Armierung mittels Fiber-Wire-Fäden durchgeführt. Im weiteren Verlauf der Operation wird eine Zuggurtung der betroffenen Strukturen vorgenommen. Bevor die Reposition der Fraktur erfolgt, werden perkutane Kirschnerdrähte gesetzt und bis vor die Fraktur gebohrt. Anschließend wird die Fraktur anatomisch reponiert und die Kirschnerdrähte bis nach subkortikal positioniert, um die Reposition zu sichern. Wenn sich im Bereich des Humeruskopfes größere Substanzdefekte zeigen, werden diese durch eine allogene Spongiosaplastik aufgefüllt. Die winkelstabile Platte wird sodann positioniert und zunächst mit einer Kortikalisschraube am Schaft fixiert. Die Platte darf nicht zu hoch platziert werden, da es hierbei zu einem sogenannten Plattenimpingement kommen kann. Hierbei führt die Fehllage der Platte zu einem implantatbedingten Impingement-Syndrom der Schulter durch Kommunikation der Platte mit dem Akromion. Die verbliebenen Schraubenlöcher werden mit DLS besetzt und final die primär eingesetzte Kortikalisschraube durch eine DLS ersetzt. Die operative Technik beinhaltet

die Mitversorgung der langen Bizepssehne (LBS), welche im Sulcus intertubercularis zwischen dem Tub. majus und dem Tub. minus verläuft. So wurde bei allen Patienten entweder eine Tenodese oder Tenotomie der langen Bizepssehne durchgeführt. Bei einer Tenodese erfolgt die Fixierung der zuvor durchtrennten langen Bizepssehne am umgebenden Gewebe. Bei einer Tenotomie wird die Bizepssehne kranial abgesetzt und nicht weiter fixiert. Die Platzierung der Kirschnerdrähte beim Vorgang der Reposition sowie die Platzierung der Platte und der Schrauben erfolgt bildwandlergestützt in mehreren Ebenen. Dieses Vorgehen dient der Vermeidung von Primärkomplikationen wie beispielsweise primäre Implantatfehlagen [42].

## **2.4 Frakturklassifikation**

Die Einteilung der Fraktur-Typen erfolgte im Rahmen dieser Arbeit anhand der AO-Klassifikation, welche die Frakturen nach Schweregrad der Fraktur in drei Gruppen unterteilt. Diese Klassifikation wurde während der durchgeführten Studie standardisiert im genannten Trauma-Zentrum verwendet. Dabei sind Frakturen vom A-Typ rein extrakapsuläre Frakturen. Frakturen vom B-Typ sind bifokale extraartikuläre Frakturen und Typ-C-Frakturen stellen komplett intraartikuläre Frakturen dar. Jede Gruppe wird zur spezifischeren Beschreibung in weitere Untergruppen eingeteilt (Abbildung 2).

## **2.5 Klinische Nachuntersuchung**

Die anatomische aktive Beweglichkeit des Glenohumeralgelenks beträgt nach der Neutral-Null-Methode 170° Flexion, 180° Abduktion, 100° Innenrotation und 90° Außenrotation [62]. Flexion und Abduktion werden durch entsprechende Bewegung aus der Neutral-Null-Position gemessen. Zur Messung der Außenrotation wird der Arm in der Neutral-Null-Stellung im Ellbogengelenk um 90° flektiert und dann außenrotiert. Die Innenrotation wird durch Bewegung der Hand auf dem Rücken angegeben und ist hierdurch nicht durch den Rumpf eingeschränkt. Im klinischen Alltag wird die Innenrotation durch Angabe des erreichten Wirbelkörpers angegeben.

Die klinische Nachuntersuchung umfasste die Messung der aktiven und passiven Beweglichkeit des Glenohumeralgelenks mit Hilfe eines Winkelmessers auf 5°-Genauigkeit. Es wurden die Be-

wegungsumfänge der verletzten Schulter und die der Gegenseite gemessen und dokumentiert. Die aktive Beweglichkeit wurde zur Vergleichbarkeit mit der kontralateralen Schulter und im Verlauf nach Einverständnis der Patienten durch Fotos dokumentiert. Es erfolgten Aufnahmen in Flexion, Abduktion, Außenrotation und Innenrotation. Des Weiteren wurden die Patienten nach Schmerzen im Schultergelenk und der Funktionalität im Alltag, beim Sport und der Arbeit befragt. Neben der klinischen Untersuchung mit Messung der Bewegungsumfänge können weitere Parameter bestimmt werden, welche in der Gesamtheit durch einen Score zusammengefasst werden können. Im Bereich der Schulter kommen verschiedene Scores zum Einsatz, auf die im Folgenden eingegangen wird.

### **2.5.1 Constant und Murley Score**

Der Constant und Murley Score beinhaltet sowohl subjektive als auch objektive Parameter zur Auswertung der Schulterfunktion. Er ist ein weit verbreiteter und in Studien oft angewandter Score [63]. Die zwei Autoren des Schulter-Scores werden nur selten beide benannt, sodass im klinischen Alltag und auch in dieser Arbeit meist nur die Rede vom „Constant Score“ (CS) ist. Durch den Score werden verschiedene Unterpunkte erfasst. Neben Bewegungsausmaß und Schmerzangabe werden des Weiteren Alltagsaktivität und Kraftumfang erfasst. Insgesamt können im CS 100 Punkte erreicht werden. 15 Punkte im Bereich Schmerzen, 20 Punkte im Bereich Alltagsaktivitäten, 40 Punkte für den Bewegungsumfang bzw. die Motilität und 25 Punkte bei der Kraftmessung.

Zur Schmerzerfassung geben die Patienten auf einer Skala von null bis 15 Punkten an, wie stark die mittleren Schmerzen an einem Tag sind. Hat ein Patient überhaupt keine Schmerzen, werden 15 Punkte vergeben. Bei stärksten Schmerzen werden null Punkte vergeben. Im Vergleich zur numerischen Analogskala steht im Rahmen dieser Schmerzerfassung eine hohe Punktzahl für ein niedriges Schmerzniveau und eine geringe Punktzahl für starke Schmerzen. Bezüglich der Alltagsaktivität werden die Patienten nach der Arbeitsfähigkeit, der Freizeit- und Sportfähigkeit, der Schlaffähigkeit und der Handreichweite befragt. Wenn die Schulter kein Hindernis mehr für den Arbeitsalltag darstellt und die Patienten ihrem Beruf ohne Probleme nachgehen können, werden vier Punkte vergeben. Ist dies nur teilweise möglich werden je nach

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

<b>kein</b>	<b>mild</b>	<b>mäßig</b>	<b>starke Schmerzen</b>
0 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15			
Punkte: 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0			15

**Alltagsaktivitäten:**

**Arbeitsfähigkeit:** 0 – 1 – 2 – 3 – 4

**Freizeit-/Sportfähigkeit:** 0 – 1 – 2 – 3 – 4

**Schlaffähigkeit:** 0 – 1 – 2

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

Gürtellinie	Xiphoid	Hals	Scheitel	über den Kopf hinaus	
2	4	6	8	10	20

**Motilität:** schmerzfrei + aktiv !

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

**Außenrotation:** (Punkte jeweils addieren)

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

**Innenrotation:**

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

40

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

90° Abduktion in der Scapularebene, Hand proniert.

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

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

**Untersucher:** \_\_\_\_\_

**Gesamtpunktzahl:** \_\_\_\_\_

100

Abbildung 5: Bogen zur Erfassung des Constant Murley Scores mit den Unterpunkten Schmerz, Alltagsaktivitäten, Motilität und Kraft, aus: [www.schulterfragebogen.de/Constant-Arzt-Score](http://www.schulterfragebogen.de/Constant-Arzt-Score) [64]

Einschätzung der betroffenen Person ein bis drei Punkte vergeben. Ist das Arbeiten überhaupt nicht möglich, werden für diese Unterkategorie null Punkte vergeben. Gleiches gilt für den Unterpunkt Freizeit- und Sportfähigkeit. Auch hier werden je nach möglicher Sportleistung null bis vier Punkte vergeben. Bei der Schlaffähigkeit wird nach neu aufgetretenen Schwierigkeiten beim Schlafen aufgrund der verletzten Schulter gefragt. In dieser Unterkategorie werden null bis zwei Punkte vergeben. Wenn es keine Einschränkung gibt, werden zwei Punkte erreicht, bei sehr starker Einschränkung null Punkte. Bei mittlerer Einschränkung wird ein Punkt vergeben. Die Verrichtung von Bewegungen im Alltag wird mit Hilfe der Handreichweite eingeteilt. Die Patienten werden nach ihrer möglichen Alltagsbeweglichkeit gefragt. Ist diese schmerzlos nur bis zur Taillenhöhe möglich, werden zwei Punkte vergeben. Mit einer schmerzlosen Bewegung bis über den Kopf hinaus, wird mit zehn Punkten die Höchstpunktzahl erreicht. Dazwischen werden Punkte von vier bis acht für die Bewegung bis zum Xiphoid, dem Hals und dem Scheitel vergeben.

40 Punkte können bei vollem Bewegungsumfang erreicht werden. Es werden jeweils null bis zehn Punkte für Flexion, Abduktion, Innenrotation und Außenrotation vergeben. Bei Flexion und Abduktion werden für eine Bewegung unter  $30^\circ$  null Punkte vergeben. Liegt der Bewegungsumfang bei über  $151^\circ$ , so wird die maximale Punktzahl von zehn Punkten erreicht. Dazwischen werden in Schritten von dreißig Grad je nach Bewegungsumfang Punkte von zwei bis acht vergeben. Zur Beurteilung der Außenrotation werden je nach möglicher Bewegung zwei Punkte vergeben. Die Patienten werden gebeten die Hände auf den Kopf zu legen und Ellbogen nach vorne und hinten zu bewegen. Für beide Bewegungen gibt es jeweils zwei Punkte. Sind diese Bewegungen auch bei Platzierung der Hände auf dem Hinterkopf möglich, gibt es ebenfalls jeweils zwei Punkte. Wenn eine uneingeschränkte Überkopfbeweglichkeit möglich ist, werden zusätzlich zwei Punkte vergeben, sodass hier eine Gesamtpunktzahl von zehn Punkten erreicht werden kann. Die Innenrotation wird wie bei der klassischen klinischen Untersuchung durch Angabe der Bewegung der Hand auf den Rücken bewertet. Je nach erreichter Höhe werden Punkte vergeben. Kann die Hand nur bis zum lateralen Oberschenkel geführt werden, erreicht der Patient null Punkte. Die Bewegung bis zum Gesäß wird mit vier Punkten, bis zum lumbosacralen Übergang mit sechs Punkten und bis zum thorakolumbalen Übergang mit acht Punkten bewertet. Kann die Hand bis zwischen die Schulterblätter oder höher geführt werden, wird die Höchstpunktzahl

von zehn Punkten vergeben.

Bei der Kraftbeurteilung können maximal 25 Punkte erreicht werden. Die Kraftmessung erfolgt mit Hilfe eines Kraftmessgerätes. Die Patienten halten hierzu ihren 90° flektierten Arm in der mit dem Kraftmesser verbundenen Schlinge und flektieren den Arm zur Kraftmessung weiter im Schultergelenk. Die Kraftmessung wird abwechselnd mit der linken und rechten Schulter durchgeführt. Je Seite erfolgen drei Messungen, anschließend wird der Mittelwert berechnet und verwendet. Die Angabe erfolgt in Kilogramm. Bei über zwölf Kilogramm wird die Maximalpunktzahl von 25 Punkten erreicht. Der CS wurde im Rahmen dieser Studie zu jedem Untersuchungszeitpunkt und stets für beide Schultern erfasst, um eine Vergleichbarkeit zur Gegenseite zu gewährleisten (Abbildung 5).

### **2.5.2 Subjective Shoulder Value**

Der Subjective Shoulder Value (SSV) ist ein rein subjektiver Score zur ganzheitlichen Beurteilung der Schulter. Bei diesem beurteilt der Patient seine betroffene Schulter selbst [65]. Die Beurteilung erfolgt durch Angabe einer Prozentzahl von null bis 100. Die Patienten sollten ihre betroffene Schulter im Vergleich zu ihrer gesunden Schulter bewerten. Bei Einschränkung der eigenen Gegenseite sollte die Beurteilung im Vergleich zu einer gesunden Schulter erfolgen. Hierzu wurde den Patienten folgende Frage gestellt: „Wieviel Prozent geben Sie Ihrer erkrankten Schulter, wenn Ihre andere (bzw. eine gesunde) Schulter 100 % erhält?“. Der SSV wurde zu allen Nachuntersuchungszeiträumen erfragt und dokumentiert.

### **2.5.3 Numerische Analog Skala**

Mit Hilfe einer numerischen Analogskala (NAS) in Form einer Zahlenabfolge von null bis zehn erfolgte die Schmerzangabe der Patienten. Hierzu wurden die Patienten im Rahmen aller Nachuntersuchungen nach dem mittleren Schulterschmerz während eines Tages gefragt. Null Punkte bedeuten keine Schmerzen und zehn Punkte „die stärksten Schmerzen, die sich der Patient vorstellen kann“. Die Patienten konnten entweder eine Zahl nennen, oder selbstständig auf einer ausgedruckten Skala markieren, wo der Schulterschmerz innerhalb von 24 Stunden liegt.

#### 2.5.4 Long Head of Biceps-Score

Aufgrund der Mitversorgung der langen Bizepssehne durch Tenotomie oder Tenodese wurde die Bizepssehne klinisch mit Hilfe eines Scores nachuntersucht. Die Erhebung des sogenannten Long Head of Biceps-Scores (LHB-Score) erfolgte ein und zwei Jahre postoperativ. Durch den LHB-Score werden Schmerzen, Krämpfe, Kosmetik und Kraft evaluiert [66]. Insgesamt können 100 Punkte erreicht werden. Der Score gliedert sich in drei Bereiche. Im Bereich Schmerzen und Krämpfe können maximal 50 Punkte erzielt werden. In der Kosmetik können bis zu 30 Punkte und im Bereich Kraft maximal 20 Punkte erzielt werden.

Es wird der Schmerz auf Höhe des Sulcus intertubercularis auf einer Skala von null bis zehn Punkten abgefragt, sowie der Druckschmerz auf gleicher Höhe, auch hier können zehn Punkte erreicht werden. Wenn keine Schmerzen bzw. Druckschmerzen bestehen, werden zehn Punkte vergeben. Bei sehr starken Schmerzen null Punkte. Ferner werden Schmerzen bei Durchführung des Speed-Tests abgefragt. Dieser wird durchgeführt, indem man den Arm um 90° flektiert, Hand und Unterarm supiniert und gegen den Widerstand des Untersuchers im Ellbogengelenk flektiert [67]. Wenn Krämpfe bei dem zu untersuchenden Patienten in Ruhe auftreten, werden null Punkte vergeben, beim Auftreten nur bei Belastung werden zehn Punkte vergeben. Treten keine Krämpfe auf, so wird die Höchstpunktzahl dieser Kategorie von 20 Punkten vergeben. Im LHB-Score spielt auch der kosmetische Aspekt eine Rolle. Er wird sowohl subjektiv als auch objektiv bewertet durch jeweils null bis 15 Punkte. Hier geben Untersucher und Patient unabhängig voneinander an, ob eine Deformität des Bizepsmuskels vorliegt bzw. wahrgenommen wird. Die Messung der Kraft erfolgt durch Ellbogenflexion mit Hilfe eines Kraftmessgerätes. Die Kraftmessung erfolgt für jede Schulter insgesamt drei Mal. Es wird der Mittelwert der gemessenen Werte verwendet. Insgesamt können im Bereich der Kraft 20 Punkte erreicht werden. Der Unterschied in der Auswertung der Kraft im Vergleich zum CS besteht darin, dass die Kraft prozentual zur Gegenseite berechnet und angegeben wird. Die Kraftangabe in kg der betroffenen Schulter wird mit 100 multipliziert und anschließend durch die Kraftangabe der Gegenseite (in kg) dividiert. Das Ergebnis ist die prozentuale Kraft der betroffenen Schulter im Vergleich zur Gegenseite. Bei 91 bis 100 % wird die Maximalpunktzahl von 20 erreicht. Für 81-90 % werden 16 Punkte, für 71-80 % zwölf Punkte und für 61-80 % acht Punkte vergeben. Zwischen 51 und



Patient name: \_\_\_\_\_

Date of birth: \_\_\_\_\_

Date of examination: \_\_\_\_\_

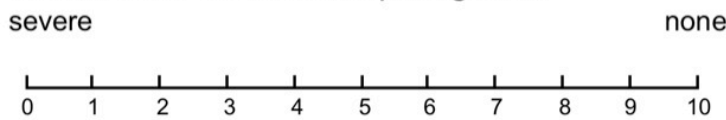
**Pain / Cramps (max. 50 points)**

right side    left side

LHB-pain:



Tenderness over the bicipital groove:



Speed-Test:



Cramps:

0= at rest, 10= on exertion, 20= none

**Cosmesis (max. 30 points)**

Patient-dependent deformity

15= none, 10= mild, 5= moderate, 0= severe

Examiner-dependent deformity

15= none, 10= mild, 5= moderate, 0= severe

**Elbow flexion strength (max. 20 points)**

affected side	opposite side	%
_____ kg x 100	/ _____ kg =	_____

- ≤ 50 % = 0
- 51-60 % = 4
- 61-70 % = 8
- 71-80 % = 12
- 81-90 % = 16
- 91-100 % = 20

**Total:**

Abbildung 6: Bogen zur Erhebung des Long Head of Biceps-Scores, aus: Bartsch M. et al. Arthroscopic Soft Tissue Tenodesis Versus Bony Fixation Anchor Tenodesis of the Long Head of the Biceps Tendon. Am J Sports Med., 2011 [66]

60 % werden noch vier Punkte vergeben, bei 50 % oder weniger werden null Punkte vergeben. Auch dieser Score wurde zur besseren Vergleichbarkeit sowohl von der rechten als auch von der linken Schulter erhoben (Abbildung 6).

## 2.6 Radiologische Nachuntersuchung

Die Patienten wurden nach sechs Wochen, 12 Wochen sowie nach sechs Monaten, einem und zwei Jahren konventionell radiologisch kontrolliert. Dabei wurde vor allem auf die Frakturkonsolidierung, Lage der Schrauben und Stellung der Fragmente geachtet. Sofern es die Beweglichkeit der Schulter zuließ, wurden Aufnahmen in einer true-a/p (anterior-posteriore Aufnahme mit glenoidal-tangentialem Strahlengang), einer axialen und einer Y-Aufnahme (transskapulärer Strahlengang) durchgeführt [33].

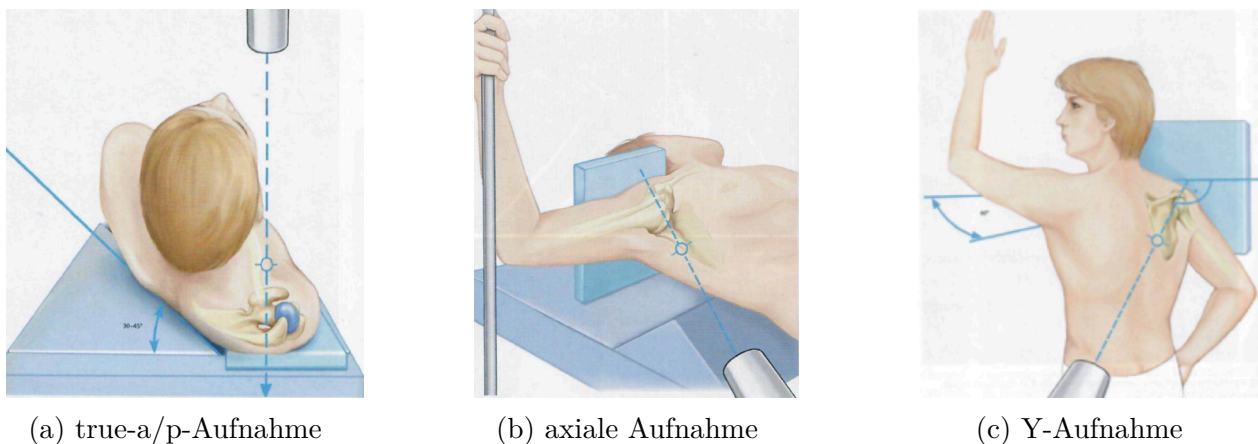


Abbildung 7: Technik der Schulter-Röntgenaufnahmen in drei Ebenen, (a) true-a/p-Aufnahme (b) axiale Aufnahme (c) Y-Aufnahme. Ellwein E, Lill H, Voigt C. Prä-/intra- und postoperative Diagnostik. Aus: Lill H, Scheibel M, Voigt C. Die proximale Humerusfraktur. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2014 [33]

Die true-a/p-Aufnahme wird im Gegensatz zum konventionellen anterioren-posterioren Strahlengang mit entsprechender 30° Rotation aufgenommen, sodass in dem Röntgenbild der glenohumerale Gelenkspalt gut zu sehen ist. Die Y-Aufnahme ist eine seitliche, 90° zur true-a/p-Aufnahme stehende Aufnahme. Seitlich gesehen bildet die Skapula ein „Y“ wonach die Aufnahme benannt ist. Bei der axialen Aufnahme lässt sich das Glenohumeralgelenk von axial bei einer

Abduktion von 60-90° beurteilen. Diese Aufnahme ist aufgrund der Voraussetzung eines gewissen Bewegungsumfanges nicht bei jedem Patienten durchführbar. Abbildungen 7 a, b und c zeigen die Aufnahmetechniken der Standardröntgenaufnahmen der Schulter.

Die Beurteilung der Röntgenbilder erfolgte standardisiert anhand eines vorgefertigten Bogens. Anhand dessen wurden Aussagen über die Frakturheilung (union/delayed union/nonunion), die Stellung der Fragmente (stable/partial loss of reduction/loss of reduction) und die Implantatlage (ok/screw loosening/screw breakage/plate breakage) getroffen.

## 2.7 Statistische Analyse

Wir führten eine Auswertung der klinischen Ergebnisse, der radiologischen Ergebnisse und der Komplikationen durch. Der Fokus wurde auf die Ergebnisse nach einem und zwei Jahren postoperativ gelegt. Um den postoperativen Verlauf besser zu beurteilen, wurden zur Vergleichbarkeit und Messung der Signifikanz ebenfalls Ergebnisse von zwölf Wochen und sechs Monaten postoperativ berücksichtigt.

Im Rahmen der klinischen Ergebnisse wurden die aktiven und passiven Bewegungsausmaße im Verlauf ausgewertet. Ebenso wurden die Schmerzangabe durch die NAS, die subjektive Beurteilung der Schulter durch den SSV und der schulterspezifische CS im Verlauf ausgewertet. Der LHB-Score zur Beurteilung der langen Bizepssehne wurde zur Untersuchung ein und zwei Jahre postoperativ zusätzlich erhoben. Die radiologische Auswertung erfolgte anhand der durchgeführten Röntgenaufnahmen in zwei oder drei Ebenen. Die Frakturheilung, die Stellung der Fragmente und die Implantatlage von Platte und Schrauben wurden beurteilt. Komplikationen wurden in zwei Gruppen unterteilt, je nachdem ob sich aus der Komplikation eine Indikation zu einer Operation ergab oder nicht. Die Einteilung erfolgte somit in revisionspflichtige und nicht-revisionspflichtige Komplikationen. Des Weiteren erfolgten Auswertungen anhand des Geschlechts und anhand des Alters, wobei die an die Literatur angelehnte Altersgrenze von 65 Jahren gewählt wurde [16]. Ferner lassen sich die Frakturen in verschiedene Schweregrade einteilen, sodass die Auswertung je nach Frakturtyp erfolgte.

Die statistische Auswertung der klinisch evaluierten Bewegungsumfänge und Schulter-Scores

im Verlauf des Untersuchungszeitraumes erfolgte mittels Durchführung des Wilcoxon-Tests und des t-Tests für abhängige Stichproben. Bei der Untersuchung signifikanter Unterschiede zweier Gruppen wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt. Die Auswertungen wurden mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS Statistics Version 25 durchgeführt. Es wurde ein Signifikanzniveau von  $p < 0.05$  festgelegt.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Kohortenanalyse

Von Januar 2010 bis Dezember 2012 wurden 85 Patienten mit proximaler Humerusfraktur durch eine PHILOS-Platte und DLS im Virchow-Klinikum der Charité - Universitätsmedizin Berlin versorgt. Ein Patient war unter 18 Jahre alt und wurde aus der Studie ausgeschlossen. Ebenso weitere sieben Patienten, bei welchen intraoperativ neben DLS auch andere Implantate verwendet wurden. Vier Patienten sind unabhängig von der Humeruskopffraktur im Nachuntersuchungszeitraum verstorben. Insgesamt gingen somit 73 Patienten in die Nachuntersuchungen ein. Hierunter waren 50 weibliche (68,5 %) und 23 männliche (31,5 %) Patienten. Der Altersdurchschnitt betrug 61,6 Jahre, wobei der Altersdurchschnitt der Frauen bei 66,7 Jahren lag. Das Durchschnittsalter der Männer war mit 49,3 Jahren signifikant niedriger. Bei 45 Patienten war die linke Schulter betroffen. 28 Patienten zogen sich eine Fraktur des rechten Humeruskopfes zu. Die Operation mit Verwendung einer PHILOS-Platte und DLS wurde insgesamt von acht verschiedenen Operateuren durchgeführt. 57 von 73 Patienten (78,1 %) wurden von einem Operateur des Zentrums versorgt. Ein weiterer Operateur versorgte sechs Patienten, ein anderer fünf Patienten. Weitere fünf Operateure versorgten jeweils einen Patienten. Die Patienten erhielten Termine für regelmäßige Nachuntersuchungen. Diese Termine fanden im Rahmen der wöchentlichen schulterchirurgischen Sprechstunde statt. Zu den Nachuntersuchungen nach sechs Wochen kamen 43 Patienten (58,9 %), nach zwölf Wochen kamen 46 Patienten (63,0 %). Zu der Nachuntersuchung nach einem halben Jahr kamen 49 Patienten (67,1 %). Zur Ein-Jahres-Kontrolle konnten sogar 53 Patienten (72,6 %) nachuntersucht werden. Zur letzten geplanten

Untersuchung zwei Jahre postoperativ waren 48 Patienten (65,8 %) in der schulterchirurgischen Sprechstunde.

### 3.2 Intraoperative Ergebnisse

Eingeteilt nach der AO-Klassifikation erlitten 23 Patienten eine Typ A-Fraktur, davon acht Patienten eine 11-A2 und 15 Patienten eine 11-A3 Fraktur. 24 Patienten erlitten eine Typ B-Fraktur, hierunter waren zwölf 11-B1, sieben 11-B2 und fünf 11-B3-Frakturen zu verzeichnen. 26 Patienten erlitten eine Typ C-Fraktur, davon 13 Patienten eine 11-C1, zehn Patienten eine 11-C2 und drei Patienten eine 11-C3 Fraktur (Tabelle 2). Mit 23, 24 und 26 Fällen treten A-, B- und C-Frakturen in diesem Patientenkollektiv ähnlich häufig auf.

Tabelle 2: Häufigkeiten der Frakturtypen des Gesamtkollektivs, Eingeteilt nach der AO-Klassifikation, AO=Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

<b>Frakturtyp (AO-Klassifikation)</b>	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
<b>Patientenanzahl</b>	8	15	12	7	5	13	10	3

Bei allen Patienten wurde die PHILOS-Platte als winkelstabiles Implantat verwendet. Diese Platte gibt es in verschiedenen Längen, was die Länge Richtung Schaft betrifft. Je nachdem, wieviele Löcher im Bereich des Schaftes für Schrauben vorgesehen sind, wird die Platte auch als 3-Loch, 5-Loch oder 8-Loch-Platte bezeichnet. Standardmäßig wird die 3-Loch-Platte bei proximalen Humerusfrakturen verwendet. In unserem Patientenkollektiv wurde sie bei der Mehrheit der Patienten angewandt (66 Patienten). Die 5-Loch-Platte wurde bei vier Patienten und die 8-Loch-Platte bei drei Patienten implantiert.

Postoperativ sollten die Operateure auf einem vorgefertigten Bogen verschiedene Punkte der Operation beurteilen. Dieser Beurteilungsbogen wurde bei 66 von 73 Patienten durch den Operateur komplett ausgefüllt, bei weiteren zwei Patienten wurde der Bogen teilweise ausgefüllt. Die Knochenqualität wurde auf einer numerischen Skala von eins (sehr gut) bis fünf (schlecht) beurteilt. Die Qualität des Knochen wurde für 31 Patienten mit einer eins oder zwei, also gut und sehr gut bewertet. Bei 24 Patienten wurde die intraoperative Knochenqualität mit einer drei, für zwölf Patienten als schlecht mit einer vier und bei einem Patienten als sehr

schlecht mit einer fünf bewertet. Die gesamte Operation wurde bei 30 Patienten als leicht, bei 26 Patienten als moderat und bei zehn Patienten als schwierig beurteilt. Die Frakturfixierung wurde durch das Einbringen der Schrauben und die Kopfverriegelung der Platte bewertet. Diese Punkte wurden bei 52 Operationen mit exzellent, bei zwölf Operationen mit gut und bei zwei Operationen mit zufriedenstellend bewertet. Die Operationsdauer betrug im Mittel  $128,6 \pm 31,3$  Minuten. Hier konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Frakturtypen festgestellt werden. Bei 30 Patienten wurde intraoperativ bei Knochendefekt eine Spongiosaplastik verwendet, bei 13 Patienten mit Typ C-Fraktur, elf Patienten mit Typ B-Fraktur und sechs Patienten mit Typ A-Fraktur. Bei frakturierten Tubercula erfolgte die Zuggurtung mit Fiber-Wire-Fäden. Bei 28 Patienten wurde das Tub. majus und bei zwei Patienten das Tub. minus fixiert. Bei 14 Patienten erfolgte die Zuggurtung beider Tubercula und bei fünf Patienten wurden sonstige Anteile des Humerus durch Fiber-Wire-Fäden fixiert. Die lange Bizepssehne wurde bei 65 Patienten mitversorgt. 27 Patienten erhielten eine Tenodese mit Fixierung der Sehne an das umliegende Gewebe. 38 Patienten erhielten eine Tenotomie der langen Bizepssehne. Bei sieben Patienten war außerdem eine Mitversorgung der Rotatorenmanschette nötig (Tabelle 3). Hierbei war jeweils der M. supraspinatus betroffen und wurde rekonstruiert.

Tabelle 3: Intraoperative Maßnahmen bei der Versorgung der proximalen Humerusfraktur, Tub=Tuberculum, LHB=Lange Bizepssehne, RM=Rotatorenmanschette

	<b>Versorgung</b>	<b>Patientenzahl</b>
<b>Zuggurtung</b>	Tub. majus	28
	Tub. minus	2
	Tub. majus+minus	14
	Sonstiges	5
<b>Spongiosaplastik</b>		30
<b>Versorgung der LHB</b>	Tenodese	27
	Tenotomie	38
<b>RM-Rekonstruktion</b>		7

### 3.3 Klinische Ergebnisse

Zwölf Wochen postoperativ erschienen 46 von 73 Patienten (63,0 %) zur geplanten Nachuntersuchung. Durchschnittlich wurde eine aktive Flexion von  $110,3 \pm 31,7^\circ$ , eine aktive Abduktion von  $88,0 \pm 26,4^\circ$  und eine aktive Außenrotation von  $19,3 \pm 15,1^\circ$  erreicht. Bei der Innenrotation konnten 18 Patienten die Hand nur bis zum lateralen Oberschenkel oder Gesäß führen, 23 Patienten erreichten die Höhe der Lendenwirbelsäule und fünf Patienten konnten die Hand bis zur Brustwirbelsäule innenrotieren. Die Angabe der Schmerzen auf der Numerischen Analogskala wurde im Mittel mit  $2,4 \pm 1,3$  Punkten angegeben. Im Subjective Shoulder Value bewerteten die Patienten ihre Schultern mit durchschnittlich  $56,9 \pm 16,2$  %. Der CS wurde für beide Schultern durchgeführt. Die betroffene Schulter erreichte einen mittleren Gesamtwert von  $49,8 \pm 12,6$  Punkten, bei einem mittleren Gesamtwert von  $82,5 \pm 5,5$  Punkten der Gegenseite.

Zur Nachuntersuchung sechs Monate postoperativ kamen 49 von 73 Patienten (67,1 %). Der mittlere aktive Bewegungsumfang betrug  $131,5 \pm 30,5^\circ$  Flexion,  $119,3 \pm 33,6^\circ$  Abduktion und  $30,3 \pm 16,1^\circ$  Außenrotation. Bei der Innenrotation konnten elf Patienten die Handfläche bis zum Gesäß führen, 20 Patienten bis zu den Lendenwirbeln und 18 Patienten bis zu den Brustwirbeln. Von zwölf Wochen zu sechs Monaten postoperativ verbesserten sich alle Bewegungsumfänge signifikant ( $p < 0.001$ ). Im CS erreichten die Patienten durchschnittlich  $62,2 \pm 12,0$  Punkte. Auch hier zeigte sich eine signifikante Verbesserung im Vergleich zu zwölf Wochen postoperativ ( $p < 0.001$ ). Bei der Gegenseite wurden  $82,9 \pm 5,9$  Punkte erzielt. Dies ist vergleichbar mit dem Ergebnis zwölf Wochen postoperativ (Abbildung 8). Weibliche Patienten erzielten im CS durchschnittlich  $59,2 \pm 12$  Punkte bei einer Gegenseite von  $79,9 \pm 4,7$  Punkten. Männer kamen bei beiden Schultern auf durchschnittlich höhere Werte. Hier betrug der CS  $68,0 \pm 11,1$  Punkte für die operierte Seite und  $89,0 \pm 5,9$  Punkte für die Gegenseite. Vor allen Dingen zeigte sich an der operierten Schulter bei der gemessenen Kraft ein signifikanter Unterschied von  $16,6$  Punkten bei Männern und  $4,1$  Punkten bei Frauen ( $p < 0.05$ ). Die Schmerzangabe mittels der NAS erfolgte durch die Angabe von 0 bis 10 Punkten. Nach sechs Monaten zeigte sich ein Mittelwert von  $1,8 \pm 1,1$  Punkten. Im SSV wurde die Schulter subjektiv mit durchschnittlich  $72,5 \pm 12,5$  % bewertet.

### 3.3.1 1-Jahres-Ergebnisse

Zur geplanten Ein-Jahres-Kontrolle konnten 53 von 73 Patienten (72,6 %) nachuntersucht werden. Das durchschnittliche Follow-up betrug 12,5 Monate. Fünf der 20 Patienten, die nicht zur Nachuntersuchung erschienen, stimmten einer telefonischen Befragung zu. Als Grund für das Fernbleiben einer Untersuchung wurden Nebenerkrankungen und Immobilität genannt. Alle fünf am Telefon befragten Patienten gaben subjektiv eine schmerzarme und gute Beweglichkeit der operierten Schulter an. Diese Patienten gehen nicht in die Nachuntersuchung ein, da weder objektive klinische Ergebnisse vorliegen, noch eine Beurteilung radiologischer Ergebnisse möglich ist.

Tabelle 4: Verteilung der Frakturtypen nach der AO-Klassifikation von Patienten mit einem Follow-up von einem Jahr

Frakturtyp (AO-Klassifikation)	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Patientenanzahl	5	10	9	5	4	11	7	2

In die Nachuntersuchung ein Jahr postoperativ wurden somit 35 weibliche und 18 männliche Patienten eingeschlossen. Das Durchschnittsalter dieser Patienten lag zum Zeitpunkt der Operation bei 60,1 Jahren. Frauen waren mit einem Durchschnittsalter von 64,5 Jahren deutlich älter als die männlichen Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 49,6 Jahren. Dies ähnelt auch den Alterswerten des Gesamtkollektivs. 22 Patienten waren über 66 Jahre oder älter und 31 Patienten waren 65 Jahre oder jünger. Bei 20 Patienten war die rechte Schulter und bei 33 Patienten die linke Schulter betroffen. Bezüglich der Schulterdominanz war bei 21 Patienten die dominante Schulter frakturiert und bei 32 Patienten die Gegenseite. Entsprechend der AO-Klassifikation erlitten 15 Patienten unifokale und extraartikuläre Frakturen, die zu den Typ A-Frakturen zählen. 18 Patienten erlitten bifokale, extraartikuläre Frakturen (Typ B-Frakturen). 20 Patienten zogen sich Typ C-Frakturen zu, die zur Gruppe der intraartikulären Frakturen zählen (Tabelle 4).

Bei 37 Patienten wurde intraoperativ eine Zuggurtung von Knochenanteilen im Bereich des proximalen Humeruskopfes mit Fadencerclagen durchgeführt. Zweimal wurde nur das Tub. minus, 23-mal nur das Tub. majus zugegurtet. Neunmal erfolgte eine Zuggurtung von Tub. majus und minus und dreimal wurden sonstige Anteile des Humerus entsprechend versorgt. Bei 46



von 53 Patienten wurde die lange Bizepssehne intraoperativ mitversorgt. Hierbei erhielten 23 Patienten eine Tenodese und 23 Patienten eine Tenotomie der langen Bizepssehne. Die durchschnittliche Operationsdauer der Patienten, die zur Ein-Jahres-Kontrolle erschienen, betrug im Mittel  $126,4 \pm 28,4$  Minuten.

Klinisch zeigte sich ein Jahr postoperativ im Mittel ein aktiver Bewegungsumfang von  $140,2 \pm 35,3^\circ$  Flexion,  $130,9 \pm 39,2^\circ$  Abduktion und  $37,9 \pm 19,3^\circ$  Außenrotation. Auch hier zeigte sich von sechs Monaten zu einem Jahr postoperativ eine signifikante Verbesserung aller Bewegungsumfänge ( $p < 0.02$ ). Bei der Innenrotation durch Bewegung der Hand auf den Rücken erreichten 31 Patienten die Höhe der Brustwirbelsäule, 16 Patienten konnten die Hand bis zur Lendenwirbelsäule und sechs Patienten bis zum Gesäß führen. Die passive Beweglichkeit im Schultergelenk betrug  $148,8^\circ$  Flexion,  $139,1^\circ$  Abduktion und  $46,5^\circ$  Außenrotation. Die passiv gemessene glenohumerale Abduktion betrug durchschnittlich  $78,7^\circ$ . Die Innenrotation wurde bei 34 Patienten mit Erreichen der Brustwirbelkörper, bei 18 Patienten mit Erreichen der Lendenwirbelkörper und bei einem Patienten mit der Bewegung bis zum Gesäß angegeben. Schmerzen auf einer Skala von null bis zehn anhand einer NAS wurden ein Jahr postoperativ mit durchschnittlich  $1,2 \pm 1,03$  Punktes angegeben. Die aktive Beweglichkeit der operierten Schulter verbesserte sich im Durchschnitt stetig und zeigte von zwölf Wochen zu sechs Monaten und von zwölf Wochen zu einem Jahr postoperativ einen signifikanten Anstieg ( $p < 0.05$ ), siehe Tabelle 5.

**Constant Score** Im schulter-spezifischen CS wiesen die Patienten ein Jahr postoperativ im Mittel 67,4 Punkte auf. Die niedrigste erreichte Gesamtpunktzahl lag bei 20 Punkten und der höchste Gesamtwert betrug 92 Punkte. Nur 20 Punkte erreichte ein 51-jähriger Patient mit einem komplikativen Verlauf, der durch eine Humeruskopfnekrose im Alltag und bei der Bewegung im Schultergelenk deutlich eingeschränkt war. Kurze Zeit nach der Untersuchung erhielt dieser Patient eine Revisionsoperation. Die kontralateralen Seiten erreichten im Mittel  $84,4 \pm 4,5$  Punkte. Betrachtet man die Unterkategorien des CS so zeigten sich gute bis sehr gute Ergebnisse in den Kategorien Schmerz und Alltagsaktivität (Activity of daily living - ADL). Mit einem Mittelwert von 13,4 von 15 Punkten hatte der Großteil der Patienten ein Jahr nach der Operation eine im Alltag schmerzfreie Schulter und kam mit 17,6 von 20 Punkten im Alltag gut aus. Bei dem Unterpunkt Bewegungsausmaß wurden durchschnittlich 30,8 von 40 Punkten erreicht.

Tabelle 5: Klinische Ergebnisse mit aktivem Bewegungsumfang, CS, NAS, SSV und LHB-Scores zwölf Wochen, sechs und zwölf Monate postoperativ, post-op=postoperativ, OP-Seite=Operationsseite, CS=Constant Score, NAS=Numerische Analogskala, SSV=Subjective Shoulder Value, LHB=Long Head of Biceps, Pkt=Punkte

	<b>12 Wochen post-op</b>	<b>6 Monate post-op</b>	<b>1 Jahr post-op</b>
<b>Flexion (aktiv)</b>	110,3° ± 31,7°	131,5° ± 30,5°	140,2° ± 35,3°
<b>Abduktion (aktiv)</b>	88,0° ± 26,4°	119,3° ± 33,6°	130,9° ± 39,2°
<b>Außenrotation (aktiv)</b>	19,3° ± 15,1°	30,3° ± 16,1°	37,9° ± 19,3°
<b>CS (OP-Seite/ Gegenseite) (Pkt)</b>	49,8 ± 12,6 / 82,5 ± 5,5	62,2 ± 12,0 / 82,9 ± 5,9	67,4 ± 12,3 / 84,0 ± 4,5
<b>NAS (Pkt)</b>	2,4 ± 1,3	1,8 ± 1,1	1,3 ± 1,1
<b>SSV (%)</b>	56,9 % ± 16,2 %	72,5 % ± 12,5 %	76,4 % ± 14,2 %
<b>LHB-Score (OP- Seite/Gegenseite) (Pkt)</b>	–	–	94,4 ± 5,0 / 99,9 ± 0,2

Der größte Punkteverlust zeigte sich bei der Kraft mit durchschnittlich 6,1 von 25 zu erreichenden Punkten, bei einer mittleren Abweichung von 3,3 Punkten. Die Gegenseite zeigte hier mit durchschnittlich 11,2 von 25 Punkten ebenfalls deutliche Punktverluste. Die Höchstpunktzahl von 25 Punkten konnte hier weder für die OP-Seite noch für die Gegenseite erreicht werden. Bei der Kraft zeigte sich ein zu erwartender Geschlechter- und Altersunterschied. Weibliche Patienten erreichten durchschnittlich  $4,7 \pm 2,6$  Punkte, wohingegen männliche Patienten im Schnitt mit  $8,9 \pm 3,6$  etwa die doppelte Punktzahl erreichten. Bei der Gegenseite verhält es sich ähnlich. Weibliche Patienten erreichten hier durchschnittlich  $8,9 \pm 2,1$  Punkte und männliche Patienten  $15,9 \pm 4,2$  Punkte. Zwischen den Geschlechtern zeigte sich in der Gesamtpunktzahl des CS kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p=0.173$ ). In den Unterpunkten zeigte sich nur bei der Kraft ein signifikanter Unterschied ( $p=0.001$ ), wohingegen sich bei den Unterpunkten Schmerz ( $p=0.51$ ), ADL ( $p=0.46$ ) und Bewegungsausmaß ( $p=0.82$ ) keine signifikanten Unterschiede zeigten. Auch der erwartete Altersunterschied bestätigte sich. Bei Patienten ab 66 Jahren wurden in der Gesamtpunktzahl des CS  $64,7 \pm 12,1$  Punkte erreicht, wohingegen Patienten mit bis zum 65. Lebensjahr im Mittel  $69,3 \pm 12,3$  Punkte erzielten. Die Unterschiede zwischen den Altersgruppen waren jedoch nicht signifikant ( $p=0.164$ ), siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Ergebnisse des Constant Scores zwölf Wochen, sechs Monate und ein Jahr postoperativ mit den Unterkategorien Schmerz, ADL, ROM und Kraft, ADL=Activity of daily living (Alltagsaktivität), ROM=range of motion (Bewegungsumfang)

	Punkte	12 Wochen	6 Monate	1 Jahr
<b>Schmerz</b>	(0 – 15 Punkte)	12,1 ± 1,8	12,9 ± 1,6	13,4 ± 1,3
<b>ADL</b>	(0 – 20 Punkte)	13,9 ± 2,9	17,0 ± 2,5	17,6 ± 2,2
<b>ROM</b>	(0 – 40 Punkte)	21,5 ± 7,4	27,2 ± 6,4	30,8 ± 7,8
<b>Kraft</b>	(0 – 25 Punkte)	2,4 ± 2,5	5,2 ± 3,1	6,1 ± 3,3
<b>Gesamt</b>	(0 – 100 Punkte)	49,8 ± 12,6	62,2 ± 12,0	67,4 ± 12,3

Vergleicht man die Ergebnisse des CS im postoperativen Verlauf von zwölf Wochen zu sechs Monaten sowie von zwölf Wochen zu einem Jahr, zeigt sich eine signifikante Verbesserung ( $p=0.001$ ). Auch von sechs zu zwölf Monaten verbesserte sich der CS weiter von durchschnittlich 62,2 zu 67,4 Punkten. Auch hier zeigte sich eine Signifikanz ( $p=0.001$ ), siehe Abbildung 8.

**Subjective Shoulder Value** Ein Jahr postoperativ lag der mittlere Wert des SSV aller Patienten bei  $76,4 \pm 14,2\%$ . Der SSV steigerte sich im Verlauf des Nachuntersuchungszeitraumes. Zwölf Wochen postoperativ lag der SSV bei durchschnittlich  $56,9 \pm 16,2 \%$  und nach sechs Monaten bei  $72,5 \pm 12,5 \%$ . Für diesen Zeitraum war der Anstieg signifikant ( $p<0.001$ ), siehe Tabelle 5.

**Long Head of Biceps-Score** Bei 46 von 53 ein Jahr postoperativ nachuntersuchten Patienten wurde die lange Bizepssehne intraoperativ mitversorgt. Bei der Hälfte dieser Patienten wurde eine Tenodesse und bei der anderen Hälfte eine Tenotomie durchgeführt. Das durchschnittliche Alter in der Tenodessegruppe betrug  $56,2 \pm 23,5$  Jahre und das der Tenotomiegruppe  $68,3 \pm 22,0$  Jahre. Im Gesamtkollektiv spiegelt sich die Gleichmäßigkeit der Verteilung nicht wider. Hier wurde bei 27 Patienten eine Tenodesse und bei 38 Patienten eine Tenotomie durchgeführt. Durch die ausgeglichene Patientenzahl ein Jahr postoperativ ist eine gute Auswertung der Gruppen möglich. Der LHB-Score zur Evaluierung der langen Bizepssehne wurde ab einem Jahr postoperativ zusätzlich zu den bereits genannten Schulter-Scores erhoben. Es wurden ein Jahr postoperativ durchschnittlich  $94,4 \pm 5,0$  Punkte für die operierte Seite erreicht. Auf der Gegenseite

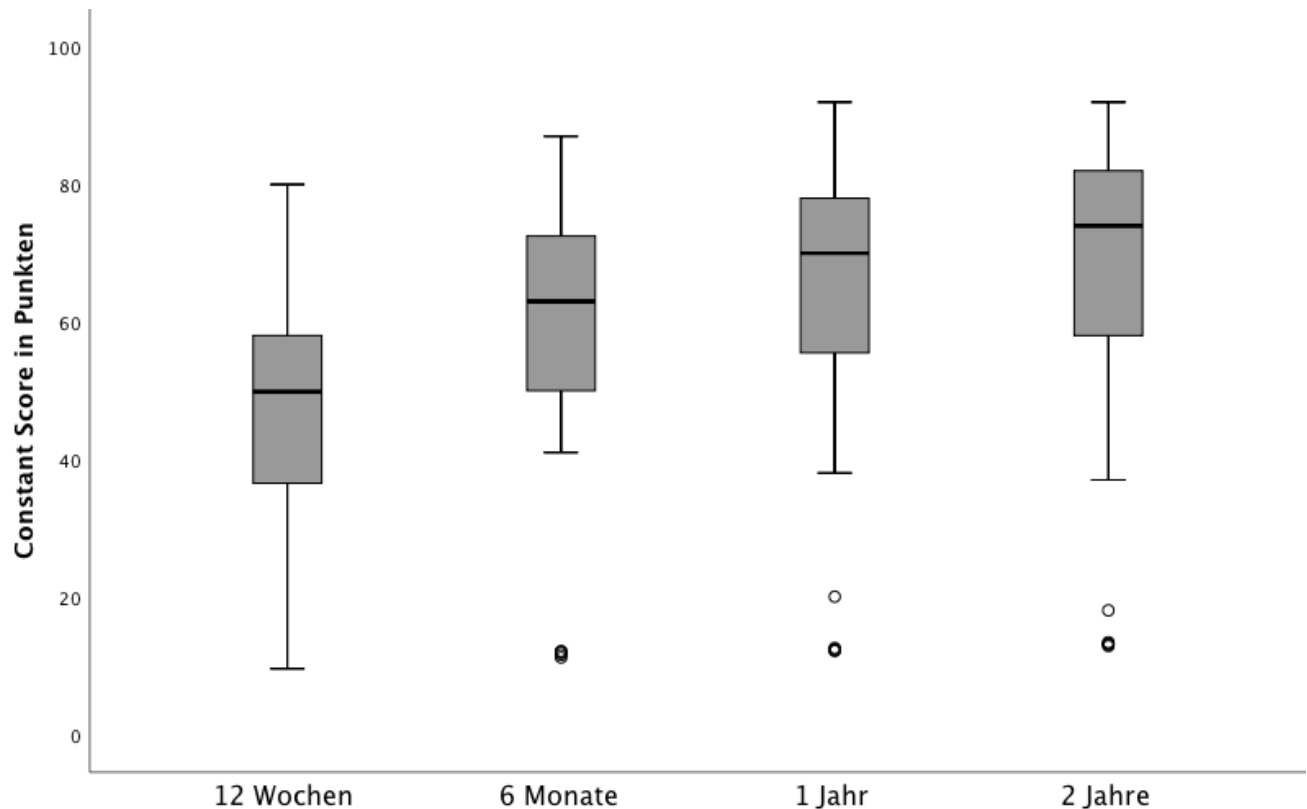


Abbildung 8: Boxplot mit Entwicklung des Constant Scores von zwölf Wochen zu zwei Jahren post-operativ mit Darstellung der Mediane, Quartile und Ausreißer.

betrug die durchschnittliche Punktzahl  $99,9 \pm 0,2$  Punkte. Hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p < 0.001$ ). Betrachtet man die Tenodesegruppe, so zeigt sich ein Mittelwert von  $93,4 \pm 5,8$  Punkten auf der operierten Seite. In der Tenotomiegruppe wurden durchschnittlich  $94,3 \pm 4,3$  Punkte erreicht. Auch zwischen den Gruppen zeigt sich kein signifikanter Unterschied ( $p < 0.001$ ). Die Gegenseite beider Gruppen zeigt identische Punktzahlen mit  $99,9 \pm 0,2$  Punkten. Bei einem Patienten der Tenodesegruppe war die Messung des LHB-Scores auf der Gegenseite aufgrund einer frischen Rotatorenmanschettenruptur und dadurch resultierender Schonung nicht möglich. Daher spiegelt die Angabe von 99,9 Punkten den Durchschnittswert der restlichen 22 Patienten der Gruppe wider. Betrachtet man die Unterpunkte des LHB-Scores, dann zeigt sich, dass kein Patient über Krämpfe des M. biceps brachii klagte. In der Tenodesegruppe gaben fünf Patienten Schmerzen im Bereich der langen Bizepssehne an und sechs Patienten beklagten einen Druckschmerz bei der klinischen Untersuchung. Durch den Speed-Test wurden bei fünf Patienten dieser Gruppe Schmerzen provoziert. Trotz intraoperativer Fixierung der

Tabelle 7: Erreichte mittlere Punktwerte im LHB-Score ein Jahr postoperativ der OP-Seite und der Gegenseite mit Unterteilung in Tenodese- und Tenotomiegruppe. LHB=Long Head of Biceps, OP-Seite=Operationsseite

	Patientenanzahl	LHB-Score OP-Seite	LHB-Score Gegenseite
<b>Tenodese</b>	23	93,4 ± 5,8	99,9 ± 0,2
<b>Tenotomie</b>	23	94,3 ± 4,3	99,9 ± 0,2

langen Bizepssehne kam es bei zwei Patienten der Tenodesegruppe zu einer milden Deformität des Bizepsmuskels, welche durch den Untersucher diagnostiziert wurde. Die zwei betroffenen Patienten gaben jeweils an, keinen Unterschied zur Gegenseite zu bemerken. Auch in der Tenotomiegruppe traten keine Muskelkrämpfe auf. Zwei Patienten berichteten über Schmerzen im Bereich der langen Bizepssehne, bei zwei Patienten war ein Druckschmerz zu verzeichnen. Ein Patient gab Schmerzen bei Durchführung des Speed-Testes an. In der Tenotomiegruppe wurde durch den Untersucher bei drei Patienten eine Deformität des Bizepsmuskels diagnostiziert. Zwei von drei Patienten gaben auch subjektiv eine Deformität an.

Es zeigte sich in der Gesamtheit aller Patienten nach einem Jahr mit durchschnittlich 94,4 Punkten kein signifikanter Unterschied zur Gegenseite. Vergleicht man die Tenotomie- mit der Tenodesegruppe, so zeigt sich auch hier kein signifikanter Unterschied mit 93,4 Punkten in der Tenodesegruppe und 94,3 Punkten in der Tenotomiegruppe, siehe Tabelle 7.

### 3.3.2 2-Jahres-Ergebnisse

Zur Kontrolle zwei Jahre postoperativ konnten 48 von 73 Patienten (65,8%) untersucht werden. Der mittlere Nachuntersuchungszeitpunkt betrug 25,1 Monate. Unter den Patienten waren 30 weibliche und 18 männliche Personen mit einem Durchschnittsalter von 58,6 Jahren. Der Altersdurchschnitt der Männer war mit 49,9 Jahren geringer als der Altersdurchschnitt der Frauen, welcher bei 63,8 Jahren lag. Bei 19 Patienten war die rechte Schulter und bei 29 Patienten die linke Schulter betroffen. 20 Patienten verletzten sich die dominante Schulter und 28 Patienten die Gegenseite. Nach der AO-Klassifikation erlitten 16 Patienten eine Typ A-Fraktur, 15 Patienten eine Typ B-Fraktur und 17 Patienten eine Typ C-Fraktur. Fünf Patienten erlitten eine Typ

A2-Fraktur, elf Patienten eine A3-Fraktur, acht Patienten eine B1-, vier Patienten eine B2- und drei Patienten eine B3-Fraktur. Intraartikuläre Frakturen zogen sich zehn Patienten mit einer C1-Fraktur, fünf Patienten mit einer C2-Fraktur und zwei Patienten mit einer C3-Fraktur zu. 47 von den 48 nachuntersuchten Patienten waren bereits bei der Ein-Jahres-Kontrolle anwesend, ein Patient war zu dieser Zeit nicht in Berlin, sodass bei diesem Patienten die klinischen und radiologischen Ergebnisse nach einem Jahr fehlen. Ein Patient war zur Zwei-Jahres-Kontrolle aufgrund einer Komplikation in stationärer Behandlung. Bei ihm wurde wegen einer Humeruskopfnekrose eine Revisionsoperation durchgeführt. Bei diesem Patienten wurde aufgrund einer Ruhigstellung der Schulter keine Messung der aktiven und passiven Beweglichkeit sowie der Kraft durchgeführt.

Der durchschnittliche aktive Bewegungsumfang hat sich im Vergleich zu einem Jahr postoperativ mit  $148,3 \pm 32,7^\circ$  Flexion,  $141,8 \pm 35,3^\circ$  Abduktion und  $45,2 \pm 20,0^\circ$  Außenrotation verbessert. Der Anstieg war jedoch für keinen Bewegungsumfang signifikant ( $p > 0,28$ ). Bei der aktiven Innenrotation durch Bewegung der Hand auf den Rücken erreichten 30 Patienten die Brustwirbelsäule, zwölf Patienten die Höhe der Lendenwirbelsäule und fünf Patienten das Gesäß oder den lateralen Oberschenkel. Die passive Beweglichkeit war für alle Bewegungen um circa fünf Grad besser im Vergleich zur aktiven Beweglichkeit. Die passive Flexion betrug durchschnittlich  $153,4 \pm 27,8^\circ$ , die passive Abduktion betrug  $146,2 \pm 32,2^\circ$  und die passive Außenrotation betrug  $51,7 \pm 18,2^\circ$ . In der glenohumeralen Abduktion zeigten sich Bewegungsumfänge von  $85,1 \pm 5,7^\circ$ . Bei der passiven Innenrotation konnten 31 Patienten den Handrücken zur Brustwirbelsäule, 13 Patienten zur Lendenwirbelsäule und drei Patienten zum Gesäß führen. Schmerzen durch die NAS wurden im Mittel mit  $1,0 \pm 1,0$  Punkten angegeben, siehe Tabelle 8.

**Constant Score** Zwei Jahre postoperativ erreichten die Patienten im CS mit  $71,3 \pm 13,4$  Punkten durchschnittlich 5,8 % mehr als bei der Ein-Jahres-Kontrolle. Diese Verbesserung war jedoch nicht signifikant ( $p = 0,06$ ). Die kontralaterale Schulter erreichte mit  $84,2 \pm 4,8$  Punkten nach zwei Jahren nahezu die identische Punktzahl wie ein Jahr postoperativ. Abbildung 8 zeigt den Verlauf des CS von zwölf Wochen zu zwei Jahren postoperativ anhand eines Boxplots. Die Ergebnisse der Unterkategorien zeigen für alle Unterpunkte eine Verbesserung. Die Alltagsaktivität wurde mit  $18,4 \pm 2,4$  von 20 Punkten angegeben. Auch in der Kategorie Schmerz wurden

Tabelle 8: Klinische Ergebnisse mit aktivem Bewegungsumfang, CS, NAS, SSV und LHB-Score ein und zwei Jahre postoperativ, post-op=postoperativ, OP-Seite=Operationsseite, CS=Constant Score, NAS=Numerische Analogskala, SSV=Subjective Shoulder Value, LHB=Long Head of Biceps, Pkt=Punkte

	<b>1 Jahr post-op</b>	<b>2 Jahre post-op</b>
<b>Flexion (aktiv)</b>	140,2° ± 35,3°	148,3° ± 32,7°
<b>Abduktion (aktiv)</b>	130,9° ± 39,2°	141,8° ± 35,3°
<b>Außenrotation (aktiv)</b>	37,9° ± 19,3°	45,2° ± 20,0°
<b>CS (OP-Seite/ Gegenseite) (Pkt)</b>	67,4 ± 12,3 / 84,0 ± 4,5	71,3 ± 13,4 / 84,2 ± 4,8
<b>NAS (Pkt)</b>	1,3 ± 1,1	1,0 ± 1,0
<b>SSV (%)</b>	76,4% ± 14,2%	79,8% ± 14,3%
<b>LHB-Score (OP- Seite/Gegenseite) (Pkt)</b>	94,4 ± 5,0 / 99,9 ± 0,2	94,5 ± 6,3 / 100,0 ± 0,0

mit durchschnittlich  $13,8 \pm 1,3$  Punkten gute und sehr gute Ergebnisse erzielt. Der Großteil der Patienten gab zwei Jahre postoperativ mit 14 und 15 Punkten geringe bis keine Schmerzen in der betroffenen Schulter an. Beim Bewegungsausmaß wurden durchschnittlich 32 von 40 Punkten, bei einer mittleren Abweichung von 7,5 Punkten erreicht. Im Bereich der Kraft zeigte sich die stärkste Verbesserung mit einer Steigerung von 24,6 % von einem zu zwei Jahren postoperativ. Eine signifikante Verbesserung konnte bei dem Bewegungsumfang ( $p < 0,03$ ) und der Kraft ( $p < 0,001$ ) ermittelt werden. Bei der Alltagsaktivität und der Schmerzangabe war die Verbesserung nicht signifikant ( $p > 0,09$ ), siehe Tabelle 9. Vergleicht man die Ergebnisse des CS zwischen weiblichen und männlichen Patienten, so zeigen sich bessere Ergebnisse bei den männlichen Patienten. Diese erreichten zwei Jahre postoperativ durchschnittlich  $75,1 \pm 13,1$  Punkte, wohingegen die weiblichen Patienten  $69,2 \pm 13,1$  Punkte erreichten. Hier zeigt sich statistisch kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,058$ ). In den Unterkategorien Schmerz, Alltagsaktivität und Bewegungsumfang wurden mit 13,6 zu 14,0 Punkten, 18,1 zu 18,0 Punkten und 31,7 zu 32,5 Punkten ähnliche Punktzahlen erreicht. Zwischen den Gruppen ist hier kein signifikanter Unterschied zu verzeichnen ( $p > 0,4$ ). Der Unterpunkt Kraft wirkt sich deutlich auf den Gesamtwert aus, bei dem die männlichen Patienten durchschnittlich 10,8 und die Frauen 5,8 Punkte erreichten. Bei der Kraft zeigte sich ein signifikanter Geschlechterunterschied ( $p < 0,001$ ).

Tabelle 9: Ergebnisse des Constant Scores ein und zwei Jahre postoperativ mit den Unterkategorien Schmerz, ADL, ROM und Kraft, ADL=Activity of daily living (Alltagsaktivität), ROM=range of motion (Bewegungsumfang)

	Punkte	1 Jahr	2 Jahre
<b>Schmerz</b>	(0 – 15 Punkte)	13,4 ± 1,3	13,8 ± 1,3
<b>ADL</b>	(0 – 20 Punkte)	17,6 ± 2,2	18,4 ± 2,4
<b>ROM</b>	(0 – 40 Punkte)	30,8 ± 7,8	32,0 ± 7,5
<b>Kraft</b>	(0 – 25 Punkte)	6,1 ± 3,3	7,6 ± 3,8
<b>Gesamt</b>	(0 – 100 Punkte)	67,4 ± 12,3	71,3 ± 13,4

**Subjective Shoulder Value** Auch zwei Jahre postoperativ wurde die betroffene Schulter der Patienten subjektiv mittels SSV bewertet. Hier gaben die Patienten im Mittel  $79,8 \pm 14,3$  % an. Dieser Wert verbesserte sich von  $76,4$  % nach einem Jahr zu  $79,8$  % nach zwei Jahren nicht signifikant ( $p=0.07$ ).

**Long Head of Biceps-Score** Die Beurteilung der langen Bizepssehne mit Hilfe des LHB-Scores zeigte zur Zwei-Jahres-Kontrolle sehr ähnliche Ergebnisse zur Ein-Jahres-Kontrolle. In der untersuchten Gruppe erhielten 20 Patienten eine Tenodese, 21 Patienten eine Tenotomie und sieben Patienten keine Versorgung der langen Bizepssehne. Es wurden nach zwei Jahren im Mittel  $94,5 \pm 6,3$  Punkte erreicht. Bei der Gegenseite erreichten alle Patienten mit 100 Punkten die volle Punktzahl. Patienten, die eine Tenodese erhielten erreichten durchschnittlich  $93,8 \pm 7,1$  Punkte auf der operierten Seite. Patienten, bei denen intraoperativ eine Tenotomie der langen Bizepssehne durchgeführt wurde, erreichten durchschnittlich  $95,5 \pm 4,7$  Punkte. Zwischen diesen Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0.59$ ). Sieben Patienten, bei denen die lange Bizepssehne nicht versorgt wurde, erreichten durchschnittlich 93,5 Punkte. Vier von diesen sieben Patienten erreichten 100 Punkte. In der Tenotomiegruppe erreichten 14 von 21 Patienten die volle Punktzahl und in der Tenodesegruppe zehn von 20 Patienten. In der Tenodesegruppe gab ein Patient leichte Schmerzen im Bereich der langen Bizepssehne und vier Patienten gaben einen Druckschmerz im Bereich des Sulcus intertubercularis an. Beim durchgeführten Speed-Test gaben fünf Patienten Schmerzen durch Punktevergabe von 6-9 von 10 Punkten an. Über Krämpfe klagte in der Tenodesegruppe kein Patient, ebenso wenig wurde



subjektiv ein inspektorischer Unterschied zwischen beiden Armen angegeben. Objektiv fiel bei einem Patienten allerdings eine Deformität des M. biceps brachii auf der operierten Seite auf. Bei der Kraftmessung durch Flexion im Ellbogen erreichten zwei Patienten null Punkte, was einer Kraftmessung von unter 50 % der Gegenseite entspricht. Ein Patient erreichte vier Punkte, drei Patienten zwölf und drei Patienten 16 Punkte. Die übrigen elf Patienten erreichten mit 20 Punkten die volle Punktzahl. In der Tenotomiegruppe gab kein Patient Schmerzen im Bereich der langen Bizepssehne an, weder in Ruhe noch bei Palpation. Ein Patient gab milde Schmerzen bei Durchführung des Speed-Testes an. Krämpfe traten auch in der Tenotomiegruppe bei keinem Patienten auf. Subjektiv wurde keine Deformität des M. biceps brachii beschrieben. Objektiv trat bei einem Patienten eine milde Deformität des Muskels auf. Bei der Kraftmessung erreichte ein Patient null, ein anderer vier und ein weiterer Patient acht Punkte. Vier Patienten erreichten zwölf Punkte und zwei Patienten 16 Punkte. Die übrigen zwölf Patienten erreichten mit 20 Punkten die volle Punktzahl bei der Kraftmessung, siehe Tabelle 8.

### **3.4 Radiologische Ergebnisse**

Die direkte, postoperative radiologische Kontrolle zeigte bei keinem Patienten Dislokationen oder primäre Schraubenperforationen. Weder ein Plattenimpingement noch sonstige Implantatfehlagen waren unmittelbar postoperativ zu verzeichnen. Ebenso traten keine durch die DLS bedingten Probleme auf. Sechs Wochen postoperativ war bei einer Patientin eine implantatspezifische Komplikation im Sinne eines Plattenhochstands zu verzeichnen. Dieser war zu diesem Zeitpunkt und auch in den Nachuntersuchungen weder klinisch relevant noch im weiteren Verlauf behandlungsbedürftig. Die Beurteilung der Röntgenbilder anhand der Frakturheilung, der Stellung der Fragmente und der Implantatlage wurde zu jedem Nachuntersuchungszeitpunkt durchgeführt. Ein Jahr postoperativ wurde bei 49 von 53 Patienten (92,5 %) eine gute Frakturheilung angegeben. Ein Patient fiel mit einer Pseudarthrose auf, ein weiterer Patient mit einer Dislokation des Tub. majus und zwei Patienten mit einer Humeruskopfnekrose. Die Stellung der Fragmente wurde bei 45 Patienten als stabil angegeben. Bei fünf Patienten wurde ein Stabilitätsverlust als partiell und bei drei Patienten als komplett beschrieben. Die Implantatlage wurde bei einer Patientin aufgrund der bereits genannten partiellen Plattenlösung als nicht in

Ordnung beurteilt. Bei vier Patienten war zum Untersuchungszeitpunkt nach zwölf Monaten bereits eine Implantatexplantation erfolgt. Bei zwei dieser Patienten auf Patientenwunsch, bei einem Patienten aufgrund einer Humeruskopfnekrose und bei einem weiteren Patienten aufgrund einer Pseudarthrose. Hier erfolgte die Implantatexplantation und in gleicher Sitzung die Osteosyntheseversorgung. Radiologisch detektierte Komplikationen nach einem Jahr waren bei zwölf Patienten (23,1 %) zu verzeichnen. Am häufigsten traten Humeruskopfnekrosen auf. Bei zwei Patienten war eine partielle Nekrose und bei vier Patienten eine vollständige Nekrose des Humeruskopfes zu verzeichnen. Radiologisch wurde bei zwei Patienten eine Tub. majus - Dislokation detektiert. Ein Patient war von einer sekundären Omarthrose betroffen und ein weiterer von einer partiellen Plattenlösung. Ebenso traten jeweils bei einem Patienten eine sekundäre Schraubenperforation und eine Pseudarthrose auf.

Zwei Jahre postoperativ wurden 48 Patienten nachuntersucht. Bei einer Patientin wurde aufgrund einer Schwangerschaft keine radiologische Untersuchung durchgeführt. Bei dieser Patientin war ca. 14 Monate postoperativ eine Implantatentfernung auf Patientenwunsch durchgeführt worden mit unauffälligem röntgenologischen Befund unmittelbar postoperativ. Bei dem Restkollektiv nach zwei Jahren wurde die Frakturheilung bei 43 Patienten (91,5 %) als gut bewertet. Bei 43 Patienten (91,5 %) wurde die Stellung der Fragmente als stabil benannt. Bezüglich der Implantatlage gab es bis auf die bereits bekannte partielle Plattenlösung keine weiteren implantatspezifischen Auffälligkeiten. Bei 15 von 48 Patienten (31,2 %) war bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt von zwei Jahren bereits eine Implantatentfernung erfolgt. Bei sieben Patienten auf Patientenwunsch hin und bei acht Patienten aufgrund einer Komplikation, bei der entweder eine Implantatentfernung oder eine Arthrolyse mit Implantatexplantation in gleichem Eingriff indiziert war.

### **3.5 Komplikationen**

Ein Jahr postoperativ traten bei 15 von 53 Patienten (28,3 %) Komplikationen auf. Davon waren neun weibliche und sechs männliche Patienten betroffen. Das Durchschnittsalter betrug 63,0 Jahre. Bezüglich des Durchschnittsalters zeigte sich ein signifikanter Geschlechterunterschied ( $p < 0.05$ ). So betrug das Durchschnittsalter der weiblichen Patienten 71,4 Jahre, das

Durchschnittsalter der männlichen Patienten hingegen 50,3 Jahre. Alle Frakturtypen waren betroffen, es traten Komplikationen bei drei Typ A-Frakturen auf, sechs Typ B-Frakturen und sechs Typ C-Frakturen auf. Interessant ist, dass bei sieben der 15 Patienten die initiale Operation als schwierig bewertet wurde, bei fünf Patienten als moderat und nur bei drei Patienten als leicht.

Zwei Jahre postoperativ kamen bis auf eine persistierende Schultersteife im Vergleich zur Ein-Jahres-Kontrolle keine neuen Komplikationen hinzu. Bei diesem Patienten wurde die Schultersteife aufgrund einer ausbleibenden Besserung bei der Kontrolle nach zwei Jahren als Komplikation gewertet. Die Gesamtkomplikationsrate von insgesamt 54 Patienten, die ein und/oder zwei Jahre postoperativ untersucht wurden, beträgt somit 29,6 %. Die Einteilung der Komplikationen erfolgte danach, ob innerhalb des Untersuchungszeitraumes von zwei Jahren eine Indikation zur Revisionsoperation bestand oder nicht.

### **3.5.1 Nicht-revisionspflichtige Komplikationen**

Nicht-revisionspflichtige Komplikationen traten bei sechs von 54 Patienten (11,1 %) auf. Hier waren insgesamt sechs weibliche Patienten mit einem Durchschnittsalter von 72,0 Jahren betroffen. Ein Patient hatte eine Typ A3-Fraktur, drei Patienten eine Typ B3-Fraktur und zwei Patienten eine Typ C1-Fraktur. Als Komplikationen traten zwei persistierende Schultersteifen, zwei Tub. majus - Dislokationen, eine partielle Plattenlösung und eine sekundäre Omarthrose auf.

Bei zwei Patienten wurde eine persistierende Schultersteife mit einer eingeschränkten aktiven und passiven Beweglichkeit diagnostiziert. Patient Nummer (Nr.) 2 war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zwei Jahre postoperativ 67 Jahre alt und wies eine aktive Beweglichkeit von 90° Flexion, 85° Abduktion und 35° Außenrotation auf. Im CS wurden 54 Punkte auf der betroffenen Seite erreicht, bei 77 Punkten auf der Gegenseite. Subjektiv beurteilte die Patientin ihre Schulter im SSV mit 50 % (Tabelle 10). Patient Nr. 4 war zum Nachuntersuchungszeitpunkt 59 Jahre alt und erbrachte eine aktive Beweglichkeit von 90° Flexion, 75° Abduktion und 35° Außenrotation. Im CS wurden 38 Punkte erreicht, wohingegen die kontralaterale Seite 88 Punkte erreichte. Im SSV bewertete die Patientin ihre Schulter mit 50 % (Tabelle 10).

Tabelle 10: Im Verlauf von zwei Jahren postoperativ aufgetretene nicht-revisionspflichtige Komplikationen. Angabe von Pat.-Nr, Geschlecht, Alter, Frakturtyp, Komplikation, Diagnosezeitpunkt, NAS, SSV und CS; Pat.-Nr.=Patientennummer, NAS=Numerische Analogskala, SSV=Subjective Shoulder Value, CS=Constant Score, Pkt=Punkte, W=weiblich, Tub=Tuberculum

<i>Pat.-Nr.</i>	<i>Geschlecht / Alter</i>	<i>Frakturtyp</i>	<i>Komplikation</i>	<i>Diagnosezeitpunkt (Monate)</i>	<i>NAS</i>	<i>SSV</i>	<i>CS 1 Jahr post-op (OP-/Gegenseite) (Pkt)</i>
2	W / 65	B3	Schultersteife	24	2	50%	54 / 77
4	W / 57	C1	Schultersteife	12	2	50%	38 / 88
17	W / 75	B3	Tub. majus Dislokation	3	2	80%	53 / 80
24	W / 84	A3	Partielle Plattenlösung	1,5	2	70%	56 / 48
41	W / 68	B3	Sekundäre Omarthrose	6	0	85%	74 / 84
69	W / 83	C1	Tub. majus Dislokation	1,5	2	50%	49 / 80

Bei zwei Patienten waren Tub. majus - Dislokationen zu verzeichnen. Bei beiden Patienten wurde dies bereits bei der Kontrolle zwölf Wochen postoperativ radiologisch diagnostiziert. Bei stabiler knöcherner Situation im Rahmen der Verlaufskontrollen war bei beiden Patienten keine Revisionsoperation indiziert. Die Patientinnen waren beide bewegungseingeschränkt, aber mit einem Wert von zwei Punkten auf der NAS weitestgehend schmerzarm, siehe Tabelle 10.

Eine Patientin fiel radiologisch bereits sechs Wochen postoperativ mit einer partiellen Plattenlösung auf. Es zeigte sich in der a.-p. Aufnahme im Bereich der distalen Platte eine Abhebung der Platte vom Knochen. Klinisch war diese Komplikation zu keinem Zeitpunkt relevant und blieb bis zur Abschlusskontrolle zwei Jahre postoperativ eine rein radiologische Komplikation, die zu keinem Zeitpunkt einer Revisionsoperation bedurfte. Zum Nachuntersuchungszeitpunkt von zwei Jahren war die Patientin 86 Jahre alt und hatte einen aktiven Bewegungsumfang von 115° Flexion, 100° Abduktion, 60° Außenrotation und eine Innenrotation bis zur unteren

Brustwirbelsäule. Die passive Beweglichkeit betrug 130° Flexion, 110° Abduktion und 85° Außenrotation. Auch bei der passiven Innenrotation wurde die untere Brustwirbelsäule erreicht. Im CS wurden 56 Punkte erzielt, die Gegenseite erzielte nur 48 Punkte. Hier war die Patientin aufgrund einer Trümmerfraktur in den 90er Jahren kraft- und bewegungseingeschränkt.

Bei einer zum OP-Zeitpunkt 68-jährigen Patientin fiel sechs Monate postoperativ eine sekundäre Omarthrose mit deutlicher Verringerung des glenohumeralen Gelenkspaltes auf. Trotz der Omarthrose kam es im Verlauf der Nachuntersuchungen zu einer stetigen Besserung der Bewegungsumfänge. Zwei Jahre postoperativ erreichte die Patientin eine Flexion von 130°, eine Abduktion von 110° und eine Außenrotation von 30°. Die aktive Innenrotation konnte bis zum zehnten Brustwirbelkörper durchgeführt werden. Im CS wurden 70 Punkte auf der operierten Seite und 84 Punkte auf der Gegenseite erreicht. Schmerzen beklagte die Patientin zu keinem Zeitpunkt und bewertete die Schulter subjektiv mit 70 % im SSV (Tabelle 10). Aufgrund der guten klinischen Ergebnisse bestand keine Indikation zur Operation.

### **3.5.2 Revisionspflichtige Komplikationen**

Revisionspflichtige Komplikationen traten bei 10 von 54 Patienten (18,5 %) auf und betrafen vier weibliche und sechs männliche Patienten mit einem Durchschnittsalter von 57,8 Jahren. Die Frakturtypen waren in diesem Kollektiv zwei Typ A3-Frakturen, drei Typ B2-Frakturen, eine Typ B3-Fraktur, zwei Typ C2-Frakturen und zwei Typ C3-Frakturen (Tabelle 11).

Alle Komplikationen traten im Nachuntersuchungszeitraum von sechs bis zwölf Monaten auf, durchschnittlich 10,3 Monate postoperativ. Neun von zehn Komplikationen wurden unter anderem durch Implantatentfernungen (IE) versorgt. Es traten bei sieben von zehn Patienten sekundäre Humeruskopfnekrosen auf, hiervon waren zwei partielle Humeruskopfnekrosen zu verzeichnen. Bei zwei Patienten traten sekundäre Schraubenperforationen auf, beide Komplikationen wurden bei der Ein-Jahres-Kontrolle festgestellt. Bei einem Patienten kam es zu einer Pseudarthrose, die zehn Monate postoperativ diagnostiziert wurde.

Tabelle 11: Im Verlauf von zwei Jahren postoperativ aufgetretene revisionspflichtige Komplikationen. Angabe von Pat.-Nr, Geschlecht, Alter, Frakturtyp, Komplikation, Diagnosezeitpunkt, operatives Vorgehen, SSV und CS; Pat.-Nr.=Patientennummer, post-op=postoperativ, SSV=Subjective Shoulder Value, CS=Constant Score, Pkt=Punkte, M=männlich, W=weiblich, HKN=Humeruskopfnekrose, IE=Implantatentfernung, HE=Hemiendoprothese, Re-Osteosynthese=Revisionsosteosynthese

<i>Pat.-Nr.</i>	<i>Geschlecht / Alter</i>	<i>Frakturtyp</i>	<i>Komplikation</i>	<i>Diagnosezeitpunkt (Monate post-op)</i>	<i>Operatives Vorgehen</i>	<i>SSV</i>	<i>CS 1 Jahr post-op (OP-/Gegenseite) (Pkt)</i>
15	M / 48	C2	partielle HKN	12	IE	60%	68 / 92
21	W / 63	B2	Schrauben- perforation	12	IE	80%	54 / 78
30	W / 80	A3	HKN	8	IE	60%	41 / 77
33	M / 49	B3	HKN	11	IE + HE	10%	20 / 100
47	M / 39	C3	HKN	8	IE + Arthrolyse, HE	50%	57 / 79
52	M / 44	C3	HKN	12	IE + Arthrolyse	75%	78 / 89
72	M / 66	B2	Partielle HKN	12	IE	90%	68 / 80
73	W / 67	A3	HKN	6	IE, HE	65%	39 / 86
84	M / 47	B2	Pseud- arthrose	10	Re-Osteo- synthese	35%	45 / 82
86	W / 66	C2	Schrauben- perforation	12	IE	55%	46 / 85

Die Humeruskopfnekrose war mit 43,8 % aller Komplikationen die häufigste Komplikation und trat bei fünf männlichen und zwei weiblichen Patienten mit einem Durchschnittsalter von 56,1 Jahren auf. Das Alter der männlichen Patienten betrug durchschnittlich 50,3 Jahre und das der weiblichen Patienten 69,0 Jahre. Es waren alle Frakturtypen (Typ A, B und C) betroffen und es zeigte sich mit zwei Typ A, vier Typ B und vier Typ C-Frakturen keine relevante Häufung. Alle Patienten mit einer Humeruskopfnekrose wurden im Verlauf revidiert. Vier Patienten erhielten

eine IE und bei zwei Patienten erfolgten die IE und eine Arthrolyse in gleicher Sitzung. Bei einem Patienten wurde ebenfalls das Implantat entfernt und in gleicher Sitzung eine Hemiendoprothese implantiert. Bei zwei Patienten, die primär eine IE erhielten, wurde im Verlauf des Nachuntersuchungszeitraumes eine Hemiendoprothese implantiert. Bei einer 67-jährigen Patientin wurde sechs Monate postoperativ die IE durchgeführt und 14 Monate postoperativ eine Hemiendoprothese als Humeruskopfersatz implantiert. Dies führte zu einer deutlichen Verbesserung des Bewegungsumfanges und der Schulter-Scores. Von einem zu zwei Jahren postoperativ verbesserte sich der aktive Bewegungsumfang bei der Flexion von  $90^\circ$  zu  $125^\circ$ . Die Abduktion verbesserte sich von  $70^\circ$  zu  $100^\circ$  und auch die Außenrotation zeigte eine Verbesserung von  $20^\circ$  zu  $30^\circ$ . Die Innenrotation war vor der Implantation der Hemiendoprothese nur bis zum Gesäß möglich, zur Zwei-Jahres-Kontrolle konnte die Patientin ihre Hand bis zum dritten Lendenwirbelkörper führen. Im CS zeigte sich eine Besserung von 39 Punkten vor Implantation zu 60 Punkten nach Implantation der Endoprothese. Ein 39-jähriger Patient, der acht Monate postoperativ eine IE erhielt, wurde 23 Monate nach der initialen OP ebenfalls mit einer Hemiendoprothese versorgt. Die Humeruskopfnekrose wurde acht Monate postoperativ diagnostiziert und das Implantat zeitnah entfernt. Der Patient lehnte zunächst weitere Interventionen ab. 23 Monate postoperativ wünschte der Patient bei starker Bewegungseinschränkung eine weitere Therapie und es folgte die Implantation einer Hemiendoprothese.

Trotz der Humeruskopfnekrose bewertete der Großteil der Patienten ihre Schulter im SSV mit 60 %. Auch im CS wurden trotz genannter Komplikation teilweise gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt. Es wurden im Vergleich zur Gegenseite bis zu 88 % der Punkte erreicht. Jedoch zeigten zwei Patienten sehr schlechte Ergebnisse im CS mit  $<50$  % der erreichten Punkte der Gegenseite. Bei diesen Patienten wurde auch die Indikation zur endoprothetischen Versorgung gestellt. Im Rahmen der Schmerzbeurteilung gab ein Patient mit sieben Punkten sehr starke Schmerzen an, die weiteren Patienten hatten ein niedrigeres Schmerzniveau mit ein bis drei Punkten (NAS).

Neben der Humeruskopfnekrose traten zwei sekundäre Schraubenperforationen auf, bei denen eine komplikationsbedingte Revisionsoperation durchgeführt wurde. Bei einer 63-jährigen Patientin fiel zwölf Monate postoperativ eine Schraubenperforation auf. Die Patientin erhielt zeitnah die operative Versorgung mittels IE. Zur Zwei-Jahres-Kontrolle zeigte sich eine deutlich

gebesserte aktive Beweglichkeit und auch im CS eine deutliche Besserung (Tabelle 11). Eine weitere sekundäre Schraubenperforation fiel bei einer 66-jährigen Patientin ebenfalls ein Jahr postoperativ auf. Hier wurde zunächst die Verdachtsdiagnose einer sekundären Schraubenperforation gestellt, die sich in den Verlaufskontrollen bestätigte. Es wurde 24 Monate postoperativ die Implantatentfernung durchgeführt. Bei einem von 47 Patienten trat eine Pseudarthrose mit ausbleibender Frakturheilung auf. Die Komplikation wurde nach zehn Monaten detektiert und durch eine Implantatentfernung und Implantation einer erneuten Plattenosteosynthese in gleicher Sitzung versorgt. Der Patient war deutlich bewegungseingeschränkt, gab jedoch keine Schmerzen an. Des Weiteren traten als revisionspflichtige Komplikationen eine Kalottensinterung mit Schraubenperforation bei einer 63-jährigen Patientin auf. Hier erfolgte elf Monate postoperativ die IE. Bei einer 62-jährigen Patientin äußerte sich bei der Ein-Jahres-Kontrolle der Verdacht auf eine sekundäre Schraubenperforation. Daher erhielt die Patientin eine IE und eine Arthrolyse. Beide Patienten zeigten ein gutes klinisches Outcome bei gutem bis sehr gutem subjektiven Empfinden mit 80 % und 95 % im SSV. Nach der IE waren sowohl radiologisch als auch klinisch keine Komplikationen zu verzeichnen und daher keine Intervention indiziert. Ebenfalls mittels IE und zusätzlicher Arthrolyse wurde eine 77-jährige Patientin mit persistierender Schultersteife versorgt, die sowohl sechs als auch zwölf Monate postoperativ eine eingeschränkte Beweglichkeit der Schulter beklagte.

Im Rahmen der Studie wurden die Patienten nur bis zu zwei Jahre postoperativ nachuntersucht, jedoch erfolgten bei Komplikationen weitere Kontrollen über die schulterchirurgische Sprechstunde. Daher kann bei einzelnen Patienten eine Aussage über den weiteren Verlauf getroffen werden. Bei Patientin Nr. 30, die neun Monate postoperativ eine IE erhielt, wurde 2,5 Jahre postoperativ bei noch deutlichem Bewegungsdefizit und kompletter Rotatorenmanschettenruptur mit Humeruskopfhochstand eine Inverse Prothese implantiert.

In Zusammenschau der revisionspflichtigen Komplikationen zeigt sich, dass diese Komplikationen alle Frakturtypen betreffen. Sowohl Patienten mit A- als auch mit B- und C-Frakturen mussten sich einer Revisionsoperation unterziehen. Bei der Geschlechterverteilung waren mehr Frauen als Männer betroffen, jedoch bilden weibliche Patienten auch im Gesamtkollektiv die Mehrheit.



## 3.6 Fallbeispiele

### Fall 1

Eine 83-jährige Patientin erlitt eine Humerusfraktur mit Gelenkbeteiligung (AO 11-C1) nach Sturz aus dem Stand (Abbildung 9).



(a) true-a/p-Aufnahme



(b) Y-Aufnahme

Abbildung 9: 83-jährige Patientin mit einer 11-C1-Fraktur des linken proximalen Humerus. Präoperative Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen, (a) true-a/p-Aufnahme (b) Y-Aufnahme

Es folgte die Versorgung mit einer PHILOS-Platte und DLS unter Bildwandlerkontrolle, mit Platzierung von Kirschner-Drähten zur Stabilisierung der reponierten Fraktur. Die Kontrollaufnahmen in zwei Ebenen zeigen eine regelrechte Implantatlage ohne Anhalt für eine primäre Implantatfehlage (Abbildung 10). Zwölf Wochen postoperativ zeigte sich eine Dislokation des Tub. majus. Die knöchernen Verhältnisse waren in den Verlaufskontrollen stabil, auch ein Jahr postoperativ (Abbildung 11). Innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes von zwei Jahren war bei der Patientin bei guten klinischen Ergebnissen keine Revisionsoperation nötig.

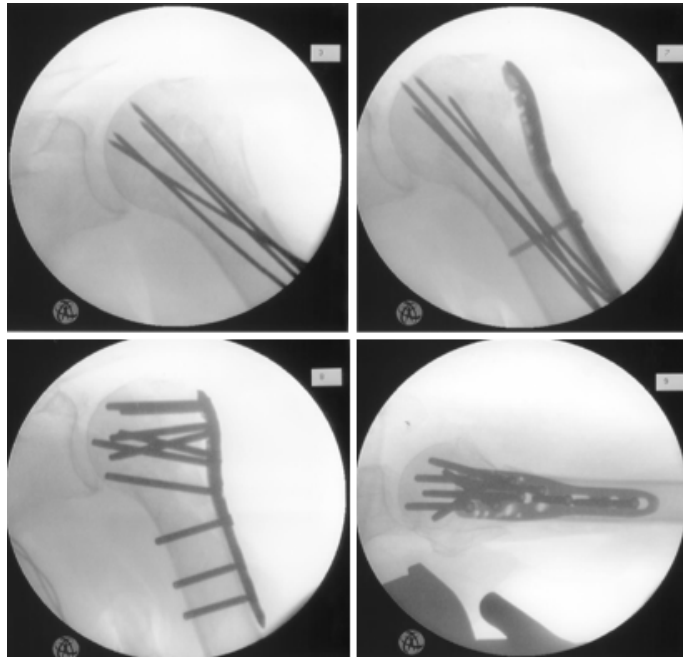


Abbildung 10: Intraoperative Röntgenkontrollen mit Platzierung von Kirschnerdrähten zur Fixierung der anatomischen Reposition, Platzierung der Platte und Kontrolle der Implantate in zwei Ebenen



(a) true-a/p-Aufnahme



(b) Y-Aufnahme

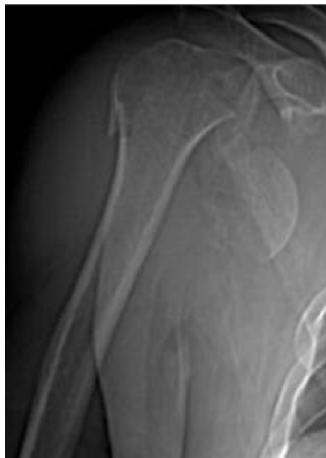


(c) axiale Aufnahme

Abbildung 11: Röntgenkontrolle ein Jahr postoperativ mit Dislokation des Tuberculum majus, (a) true-a/p-Aufnahme (b) Y-Aufnahme (c) axiale Aufnahme

## Fall 2

Ein 39-jähriger Patient mit Humeruskopfluxationsfraktur (AO 11-C3) der rechten Seite nach Leitersturz (Abbildung 12). Intraoperativ gelang die anatomische Reposition des luxierten, frakturierten Humeruskopfes und die Fixierung durch die winkelstabile PHILOS-Platte und DLS (Abbildung 13).



(a) true-a/p-Aufnahme



(b) Y-Aufnahme

Abbildung 12: 39-jähriger Patient mit einer Humeruskopfluxationsfraktur des rechten proximalen Humerus im Sinne einer 11-C3-Fraktur. Präoperative Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen, (a) true-a/p-Aufnahme (b) Y-Aufnahme

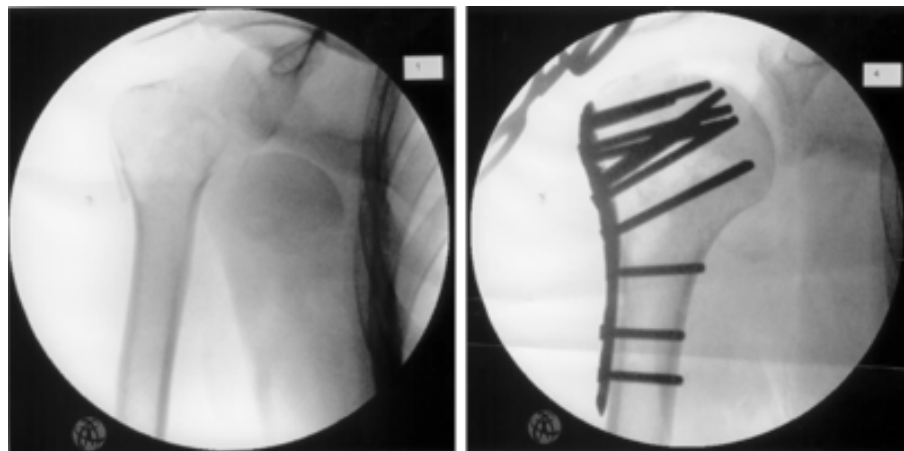


Abbildung 13: Intraoperative Röntgenaufnahmen

Sechs und zwölf Wochen postoperativ zeigte sich eine gute knöcherne Stabilität. Nach sechs Monaten äußerte sich jedoch der Verdacht auf eine Humeruskopfnekrose. Acht Monate post-

operativ wurde der Revisionseingriff mit IE und Arthrolyse durchgeführt. Nach der IE zeigte sich eine Nekrose. Der Patient wünschte zunächst keine weitere Therapie und wurde erst 23 Monate nach der initialen Operation mit einer Hemiendoprothese versorgt, siehe Abbildung 15. Hierdurch kam es zu einer Besserung der vorher deutlich eingeschränkten Schulterbeweglichkeit.

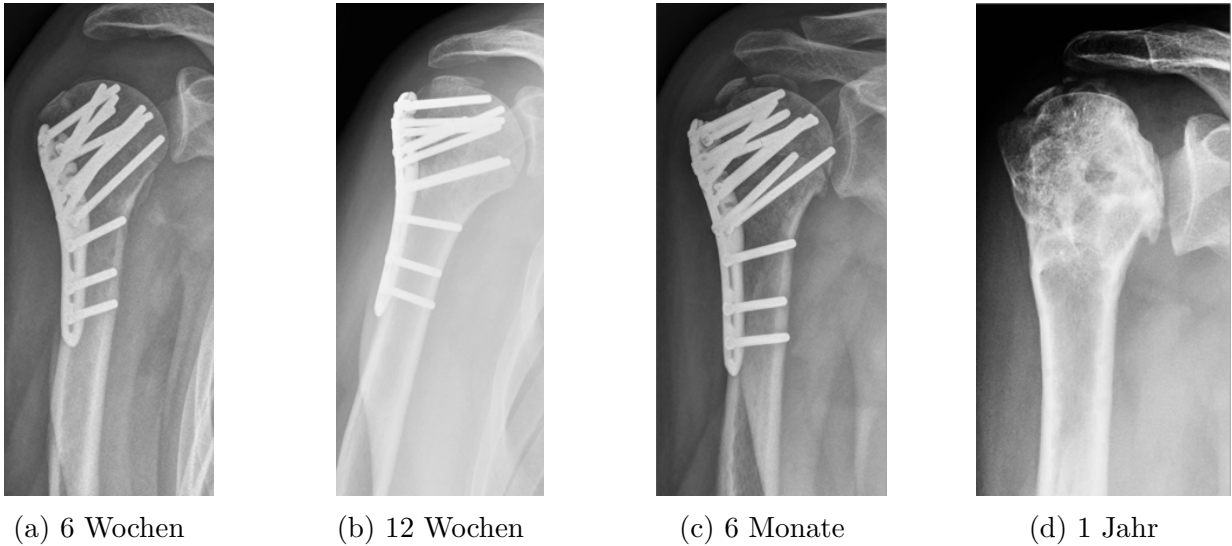


Abbildung 14: Röntgenbilder in der true-a/p-Aufnahme der rechten Schulter im Verlauf mit Entwicklung einer Humerkopfnekrose und folgender Implantatentfernung, (a) 6 Wochen postoperativ (b) 12 Wochen postoperativ (c) 6 Monate postoperativ (d) ein Jahr postoperativ und 4 Monate nach Implantatentfernung und Arthrolyse



Abbildung 15: Röntgenbild in a/p-Aufnahme 5 Monate nach Implantation der Hemiendoprothese

## 4 Diskussion

Die Relevanz der Untersuchung und Auswertung von Versorgungsmöglichkeiten proximaler Humerusfrakturen lässt sich durch deren Häufigkeit und durch die mit dem Alter steigende Inzidenz plausibel erklären [11]. Neue operative Versorgungsstrategien und neue Implantate kommen zum Einsatz, um die Versorgung verschiedener Frakturen zu optimieren. Die genannte Arbeit wertet die Ergebnisse von Patienten mit operationsrelevanten Frakturen des Humeruskopfes aus. Auch wenn die konservative Versorgung häufiger indiziert ist als die operative, ist die Auswertung konservativer Maßnahmen anderen Studien vorbehalten [30]. Die DLS wurde im Rahmen der durchgeführten Studie erstmalig in genannter Klinik am proximalen Humerus verwendet. Die Studie wurde als prospektive Kohortenstudie durchgeführt. Eine Vergleichsgruppe gab es hierbei nicht, sodass lediglich ein Vergleich mit der publizierten Literatur möglich war. Mit einer Follow-up Rate von 73 % nach einem Jahr und 66 % nach zwei Jahren gibt es von jedem vierten bis fünften Patienten keine Erkenntnis über den postoperativen Verlauf. Die Rate ist vergleichbar mit den Follow-up Raten in der Literatur von 60 bis 87 % [68] [69] [70]. Es gingen lediglich die Patienten in die Studie ein, die zu den Nachuntersuchungen erschienen. Fünf Patienten, die ein Jahr postoperativ nur am Telefon befragt wurden, gaben eine schmerzarme Schulter und eine gute Beweglichkeit an. Man könnte davon ausgehen, dass diese Patienten keine Komplikationen vorweisen und die prozentuale Komplikationsrate dadurch entsprechend niedriger wäre. Da aber die Röntgenkontrolle und die klinischen Ergebnisse fehlen, wurden diese Patienten nicht in die Untersuchung eingeschlossen. Eine Aussage über die reale Komplikationsrate aller operierten Patienten wäre eine Spekulation. Die Verteilung betroffener Patienten bezüglich Geschlecht und Alter im untersuchten Patientenkollektiv ergab eine Verteilung von 68 % Frauen und 32 % Männern mit einem Altersdurchschnitt von 61,6 Jahren. In der Literatur wird ebenfalls ein vermehrtes Auftreten von proximalen Humerusfrakturen bei Frauen beschrieben [25][26]. Es zeigt sich allerdings eine Altersabhängigkeit, so sind Männer unter 30 Jahren häufiger von einer proximalen Humerusfraktur betroffen als Frauen. Grund hierfür stellen Hochrasanztraumata dar, die sich jüngere Patienten zuziehen. Dies ließ sich auch durch unser Patientenkollektiv bestätigen, bei dem unter anderem ein Fahrrad- und Motorradunfall bei Männern unter 40 Jahren zu einer Fraktur geführt haben. Ab einem Alter von 30 Jahren sind Frauen häufiger betroffen und

zusätzlich steigt auch die Inzidenz der proximalen Humerusfraktur stärker [15]. Dies lässt sich durch biologische Faktoren, insbesondere verminderter Knochendichte post-menopausal, erklären. In dieser Arbeit zeigten sich in unserer Kohortenanalyse ähnliche Ergebnisse. Frauen waren circa doppelt so häufig betroffen wie Männer. Das Durchschnittsalter bei Männern war mit 49,3 Jahren wesentlich niedriger als das der Frauen mit 66,7 Jahren. Neun Patienten der Kohorte waren jünger als 41 Jahre, hiervon waren sieben Patienten Männer, die den Großteil der jüngeren Patienten ausmachen. Die Aussagen der Geschlechter- und Altersverteilung entsprechen den Aussagen der Literatur über die typischen Verteilungsmuster [25].

Mit der Versorgung proximaler Humerusfrakturen mit einer PHILOS-Platte und DLS lassen sich in dem genannten Nachuntersuchungszeitraum gute radiologische und klinische Ergebnisse erzielen. Auch im kurzen postoperativen Intervall von bis zu drei Monaten zeigte sich eine frühfunktionelle gute Beweglichkeit der operierten Schulter. Die frühfunktionelle Schulterbeweglichkeit insbesondere von drei zu sechs Monaten postoperativ scheint einen Vorteil der operativen im Vergleich zur konservativen Versorgung proximaler Humerusfrakturen darzustellen [53]. Dieser Vorteil kann besonders bei Patienten im arbeitsfähigen Alter nützlich sein, um eine schnelle Wiederaufnahme des Berufes zu gewährleisten. Auch die Arbeitsgruppe um Hauschild konnte den Vorteil der frühen funktionellen Beweglichkeit bei operativer Versorgung gegenüber der konservativen Versorgung für die ersten drei Monate postoperativ belegen [74]. Interessanterweise zeigte sich aber auch, dass sich bei der Beweglichkeit nach zwölf Monaten kein Unterschied mehr zwischen operativ und konservativ versorgten Patienten zeigte. Dies war jedoch nur für die Gruppe von Patienten zutreffend, die eine Zwei-Part-Fraktur erlitten.

Im weiteren Verlauf des Nachuntersuchungszeitraums zeigte sich eine signifikante Steigerung der Bewegungsausmaße. Insbesondere von sechs Monaten zu einem Jahr postoperativ ist die Verbesserung des Bewegungsausmaßes signifikant. Ebenso signifikant zeigte sich die Steigerung des schulterspezifischen CS, bei dem neben der Beweglichkeit sowohl Kraft, Schmerzen als auch die Alltagstauglichkeit ausgewertet werden. Die erreichten Werte im schulterspezifischen CS stiegen stetig im Verlauf der Nachkontrollen. Ein Jahr postoperativ konnten 80 % der Gegenseite erreicht werden. Zwei Jahre postoperativ konnten mit durchschnittlich 71,3 Punkten 84 % der Gegenseite erreicht werden. Der höchste Punktverlust war bei der Kraftmessung zu verzeichnen,

was sich durch den mangelnden muskulären Aufbau insbesondere des älteren Patientenkollektivs begründen lässt. In der Literatur finden sich CS-Werte nach einem Follow-up von zwei Jahren von ca. 60 Punkten, ohne Angabe der erreichten Punkte der Gegenseite. Diese Werte sind bei ähnlichem Patientenalter etwas geringer als in unserem Patientenkollektiv [71]. Die Komplikationsrate war in der genannten Studie mit 39,2 % vergleichbar, jedoch zeigte sich mit 28,6 % eine deutlich höhere Revisionsrate. Dies ist womöglich der Grund für die geringeren Werte im CS. Auch bei älteren Patienten führt die plattenosteosynthetische Versorgung in einem Großteil der Studien zu sehr guten und guten objektiven sowie subjektiven Ergebnissen [45][72][73]. Mit durchschnittlich 140,2° Flexion, 130,9° Abduktion und 37,9° Außenrotation ein Jahr postoperativ konnten in unserem Patientenkollektiv bei vergleichbarem Durchschnittsalter sogar teils bessere klinische Ergebnisse erzielt werden. Auch wenn sich in der letzten Dekade insbesondere im amerikanischen Raum der Trend hin zur primären endoprothetischen Versorgung proximaler Humerusfrakturen zeigte, bleibt der Anteil an der plattenosteosynthetischen Versorgung aber auf einem unveränderten Niveau [55].

Trotz der guten klinischen Ergebnisse sind die Komplikations- und Revisionsraten nicht irrelevant. Mit einer Komplikationsrate von 29,6 % und einer Revisionsrate von 18,5 % war in unserer Studie jeder dritte bis vierte Patient betroffen, auch wenn sich dies bei einem Teil der Patienten zu keinem Zeitpunkt als klinisch relevant zeigte und sich nicht in einem schlechteren Outcome widerspiegelte. Ganz im Gegenteil zeigten die Patienten sogar mehrheitlich gute klinische Ergebnisse und ebenso gute Werte in der subjektiven Schulterbeurteilung. Vergleicht man die aus unserem Patientenkollektiv aufgetretenen Komplikationen mit der Literatur, so fällt auf, dass die Komplikationen sich zum Großteil unterscheiden. In der Literatur wird die Mehrheit der Komplikationen als Primärkomplikation beschrieben. Diese Primärkomplikationen beinhalten unter anderem die primäre Schraubenperforationen und Implantatfehlagen. Die Komplikationsraten werden mit bis zu 55 % angegeben [38][53][75]. Eine weitere Komplikation, die in einer Studie auch mit 21,4 % als Hauptkomplikation beschrieben wurde, ist das subakromiale Impingement. Dies wird durch eine Fehlpositionierung im Sinne einer zu kranialen Fixierung der Platte bedingt [71]. Im Vergleich konnten in unserer Studie primäre Komplikationen gänzlich vermieden werden. Weder primäre Implantatfehlagen, noch primäre Schraubenperforationen traten auf. Ebenso trat bei keinem Patienten ein subakromiales Impingement auf. Ob die vollstän-

dige Vermeidung primärer Komplikationen der Verwendung von DLS zuzuschreiben ist, kann aktuell nicht gesagt werden. Mögliche Gründe für die Vermeidung der Primärkomplikationen könnten additive Operationsmaßnahmen sein. Die im Rahmen der Studie operierten Patienten erhielten beispielsweise bei knöchernen Defekten eine allogene Spongiosaplastik. Ferner erfolgte die Zuggurtung frakturierter Tuberkula. Ein wichtiger Punkt der Operation war die Implantatplatzierung, die unter röntgenologischer Kontrolle erfolgte. Mit Hilfe eines Bildwandlers wurde die Implantat- und Schraubenlage intraoperativ in zwei Ebenen kontrolliert. In den Gelenkspalt reichende Schrauben wurden durch entsprechend kürzere Schrauben ersetzt, sodass es hier zu keiner primären Perforation kommen konnte bzw. sollte. Das bildwandlergestützte Einbringen der Schrauben spielt eine wichtige Rolle bei der Vermeidung primärer Schraubenperforationen. Die Plattenlage wurde bei zu kranialer Platzierung intraoperativ optimiert, sodass eine Plattenfehlage vermieden werden konnte. In diesem Rahmen leider nicht oder nur unzureichend erfasst - und daher nicht verwertbar - wurde die Zeit der Röntgenstrahlung. Diese sollte zum einen besser dokumentiert und zum anderen im Rahmen weiterer Studien ausgewertet werden.

Als häufigste Komplikation in unserem Patientenkollektiv trat bei 13 % der Patienten eine Humeruskopfnekrose auf. In der Mehrheit der Literatur wird die Humeruskopfnekrose als häufig auftretende Komplikation benannt [38][76]. Hierbei waren männliche Patienten unter 66 Lebensjahren mit schwerwiegenden Frakturmorphologien (Typ B und C-Frakturen nach der AO-Klassifikation) betroffen. Ebenso weibliche Patienten über dem 66. Lebensjahr mit einfacheren Frakturen (Typ A und B-Frakturen nach der AO-Klassifikation). Dies legt eine verminderte Knochenqualität und/oder Osteoporose bei weiblichen Patienten und komplexere Frakturmorphologien bei männlichen Patienten als Risikofaktoren nahe. Solche schwerwiegenden Frakturen waren in unserem Patientenkollektiv durch Hochrasanztraumata wie Verkehrsunfälle und Stürze aus großer Höhe bedingt. Interessant war der Zeitpunkt des Auftretens beziehungsweise der Diagnosestellung der Humeruskopfnekrose. In diesen Arbeiten trat diese Komplikation immer zwischen dem sechsten und zwölften postoperativen Monat auf. Nach diesem Intervall wurden keine weiteren Humeruskopfnekrosen detektiert. Diese Ergebnisse sind auch mit denen anderer Studien zu vergleichen, deren Nachuntersuchungszeiträume ebenfalls bis zu zwei Jahre betragen [77]. Eine radiologische und klinische Kontrolle nach der Versorgung proximaler Humerusfrakturen sollte unbedingt bis mindestens ein Jahr postoperativ erfolgen, um insbesondere die



Humeruskopfnekrose als Komplikation zu detektieren und entsprechende Versorgungsmaßnahmen einzuleiten. Als Limitation dieser Studie ist die fehlende Langzeitkontrolle zu nennen. Die Patienten wurden nach der 2-Jahres-Kontrolle nicht wieder einbestellt und sollten sich lediglich bei Beschwerden wieder in der Schultersprechstunde vorstellen. Über den weiteren Verlauf wurden nicht regelhaft Daten erfasst.

Trotz der Erkenntnisse des Auftretens der Humeruskopfnekrose, wird die Indikation zur primären endoprothetischen Versorgung von uns mit Vorsicht gestellt. Bei der Mehrheit unseres Patientenkollektivs kam es trotz komplizierter Frakturmorphologien und des hohen Alters zu einer Einheilung der Fraktur bei guten Bewegungsumfängen. Lediglich drei Patienten mussten im Verlauf mit einer Hemiprothese versorgt werden. Die Altersverteilung der Patienten (39-67 Jahre) war ebenso inhomogen wie die Frakturmorphologie. Bei zwei dieser Patienten wurde die Operation als kompliziert, bei einem Patienten als moderat beschrieben. Eine Vorhersage über das Auftreten der Humeruskopfnekrose und der damit verbundenen Revisionsoperation mit Implantation einer Hemiendoprothese war nicht möglich. Es stellt sich die Frage, welches Patientenkollektiv von einer primär endoprothetischen Versorgung profitieren könnte. Da keine Vorhersage des Auftretens von Komplikationen in unserem Patientenkollektiv getroffen werden konnte, wird in unserer Klinik eine osteosynthetische Versorgung bevorzugt, wenn eine anatomische Reposition möglich ist. In Ausnahmefällen, beispielsweise bei multimorbiden Patienten, bei Rotatorenmanschettenrupturen oder Omarthrose, wurde auch die Indikation zur endoprothetischen Versorgung gestellt. Eine individuelle Entscheidung für jeden einzelnen Patienten ist nötig und die verschiedenen Versorgungsmöglichkeiten sollten im Aufklärungsgespräch diskutiert werden. In der Literatur wird die primäre endoprothetische Versorgung vorwiegend für Patienten ab 65 Jahren propagiert. Des Weiteren auch als Alternative zur Plattenosteosynthese, wenn durch diese keine anatomische Rekonstruktion sowie adäquate mediale Abstützung erzielt werden kann oder nach gescheiterten konservativen Therapiemaßnahmen [52][55][78].

Die DLS als neu am Humerus verwendetes Implantat zeigte in der durchgeführten Untersuchung mit einem Follow-up von zwei Jahren keine implantatspezifischen Komplikationen. Eine Limitation dieser Studie ist das fehlende Langzeit-Follow-up von einem über zwei Jahre hinaus reichenden Zeitraum. Die intraoperative Anwendung der DLS wurde bei allen Patienten als gut

oder exzellent bewertet. Primäre Schraubenperforationen traten bei unserem Patientenkollektiv nicht auf. Dies hängt womöglich mit der intraoperativen radiologischen Kontrolle der Implantatlage zusammen. Ob auch der Aufbau der DLS mit dem abgerundeten Schraubenende eine Rolle spielt, kann nicht sicher gesagt werden. Die Anwendung der DLS zeigt in dieser Arbeit keinen Nachteil bei der Versorgung der proximalen Humerusfraktur, jedoch können auch keine genauen Vorteile benannt werden, die sich explizit auf das Implantat beziehen. Aufgetretene Komplikationen decken sich mit den Komplikationen anderer Studien. Auch die Komplikationsrate ist ähnlich oder teils geringer als in der beschriebenen Literatur, dies hängt unter anderem mit der Vermeidung primärer Komplikationen zusammen. Es konnte gezeigt werden, dass auch komplexe Frakturen zu guten radiologischen und klinischen Ergebnissen führen können. Komplikationen wie Dislokationen des Tub. majus oder eine partielle Plattenlösung korrelieren nicht mit einem schlechteren Outcome.

Eine standardisierte Versorgung führt zu einer Vermeidung von Primärkomplikationen und sollte bei Frakturversorgungen generell propagiert werden. Zukünftig sollten prädiktive Faktoren isoliert werden, um ein Patientenkollektiv herauszufiltern, welches von einer primären endoprothetischen Versorgung profitieren würde. Auch wenn die Inzidenz der Humeruskopfnekrose nicht verringert werden kann, so überzeugt das gute klinische Outcome und insbesondere das Fehlen von Primärkomplikationen im Nachuntersuchungszeitraum von zwei Jahren.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Schultergelenke: Überblick und Schlüsselbeingelenke als Ganzes. In: Prometheus - Allgemeine Anatomie und Bewegungssysteme. Georg Thieme Verlag, Stuttgart; 2007. p. 256–260.
- [2] Drenckhahn D. A.axillaris, Armarterien. In: Anatomie - Benninghoff Drenckhahn. Elsevier, München; 2008. p. 109–114.
- [3] Gerber C, Schneeberger AG, Vinh TS. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study. J Bone Joint Surg Am. 1990;72(10):1486–1494.
- [4] Brooks CH, Revell WJ, Heatley FW. Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaver study. The Journal of bone and joint surgery. 1993;75(1):132–136.
- [5] Hettrich CM, Boraiah S, Dyke JP, Neviasser A, Helfet DL, Lorich DG. Quantitative assessment of the vascularity of the proximal part of the humerus. Journal of Bone and Joint Surgery - Series A. 2010;92(4):943–948.
- [6] Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. Journal of Shoulder and Elbow Surgery. 2004;13(4):427–433.
- [7] Neer CS. Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1970;52(6):1090–1103.
- [8] Drenckhahn D. Plexus brachialis. In: Anatomie - Benninghoff Drenckhahn. Elsevier, München; 2004. p. 575–582.
- [9] Kurth BM, Scheidt-Nave C. Demografischer Wandel in Deutschland - Bedrohung oder Herausforderung?; Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz; 2010.
- [10] Nguyen TV, Center JR, Sambrook PN, Eisman JA. Risk factors for proximal humerus,

- forearm, and wrist fractures in elderly. *American Journal of Epidemiology*. 2001;153(6):587–595.
- [11] Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: A review. *Injury, Int J Care Injured*. 2006;37:691–697.
- [12] Bergdahl C, Ekholm C, Wennergren D, Nilsson F, Möller M. Epidemiology and patho-anatomical pattern of 2,011 humeral fractures: data from the Swedish Fracture Register. *BMC musculoskeletal disorders*. 2016;17(1):159.
- [13] Bahrs C, Stojicevic T, Tanja S, Blumenstock G, Gunnar B, Brorson S, Badke A, Stöckle U, Rolauffs B, Freude T. Trends in epidemiology and patho-anatomical pattern of proximal humeral fractures. *International Orthopaedics*. 2014;38:1697–1704.
- [14] Kim SH, Szabo RM, Marder R. Epidemiology of humerus fractures in the United States: Nationwide emergency department sample, 2008. *Arthritis Care and Research*. 2012;64(3):407–414.
- [15] Rose SH, Melton LJ, Morrey BF, Ilstrup DM, Riggs BL. Epidemiologic features of humeral fractures. *Clinical orthopaedics and related research*. 1982;168:24–30.
- [16] Hintermann B, Trouillier H, Schäfer D. Rigid internal fixation of fractures of the proximal humerus in older patients. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82:1107–1112.
- [17] Ruchholtz S, Hauk C, Lewan U, Franz D, Kühne C, Zettl R. Minimally invasive polyaxial locking plate fixation of proximal humeral fractures: a prospective study. *J Trauma*. 2011;71(6):1737–1744.
- [18] Palvanen M, Kannus P, Niemi S. Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2006;442:87–92.
- [19] Park C, Jang S, Lee A, Kim HY, Lee YB, Kim TY, Ha YC. Incidence and mortality after proximal humerus fractures over 50 years of age in South Korea: National claim data from 2008 to 2012. *J Bone Metab*. 2015;22:17–21.
- [20] Clement ND, McQueen MM, Court-Brown CM. Social deprivation influences the epidemio-

- logy and outcome of proximal humeral fractures in adults for a defined urban population of Scotland. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014;7:1039–1046.
- [21] Dimai H, Svedbom A, Fahrleitner-Pammer A, Pieber T, Resch H, Zwettler E, Thaler H, Szivak M, Amrein K, Borgström F. Epidemiology of proximal humeral fractures in Austria between 1989 and 2008. *Osteoporosis International*. 2013;24:2413–2421.
- [22] Khatib O, Onyekwelu I, Zuckerman JD. The incidence of proximal humeral fractures in New York State from 1990 through 2010 with an emphasis on operative management in patients aged 65 years or older. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2014;23(9):1356–1362.
- [23] Boileau P, Pennington SD, Alami G. Proximal humeral fractures in younger patients: fixation techniques and arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2011;20(2):47–60.
- [24] Gavaskar AS, Ortho MS, Tummala NC, Ortho MS. Locked plate osteosynthesis of humeral head–splitting fractures in young adults. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2015;24(6):908–914.
- [25] Jones CB, Sietsema DL, Williams DK. Locked plating of proximal humeral fractures: Is function affected by age, time, and fracture patterns? *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469:3307–3316.
- [26] Hong CC, Hey DHW, Murphy D. Evolving trends in surgically managed patients with proximal humerus fracture: Are we different after ten years? *Singapore Medical Journal*. 2014;55(11):574–578.
- [27] Müller ME, Koch P, Nazarian S, Schatzker J. *The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones*. Springer, Berlin, Heidelberg; 1990.
- [28] Jaeger M, Leung F, Li W. *AO classification of the Proximal Humerus*; 2011. URL:<https://www2.aofoundation.org/wps/por>.
- [29] Codman E. Fractures in relation to the subacromial bursa. In: *The shoulder: rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa*. T. Todd Company, Boston, Mass.; 1934. p. 313–331.

- [30] Habermeyer P, Schweiberer L. Frakturen des proximalen Humerus. *Der Orthopäde*. 1989;18:200–207.
- [31] Boileau P, Chuinard C, Le Huec JC, Walch G, Trojani C. Proximal humerus fracture sequelae: Impact of a new radiographic classification on arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2006;442:121–130.
- [32] Lill H, Ellwein A, Katthagen C, Voigt C. Osteoporotische Frakturen am proximalen Humerus. *Chirurg*. 2012;10:858-865.
- [33] Ellwein A, Lill H, Voigt C. Prä-/intra- und postoperative Diagnostik. In: *Die proximale Humerusfraktur*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg; 2014. p. 21–22.
- [34] Hirzinger C, Tauber M, Resch H. Die Fraktur des proximalen Humerus: Neue Aspekte in der Epidemiologie, Frakturmorphologie und Diagnostik. *Unfallchirurg*. 2011;114(12):1051–1058.
- [35] Gaitini D. Shoulder ultrasonography: performance and common findings. *Journal of clinical imaging science*. 2012;2(3):38.
- [36] Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S, Saving J, Tidermark J. Internal fixation with a locking plate was not more effective than nonoperative treatment in older patients with three-part proximal humeral fractures. *The Journal of bone and joint surgery*. 2012;94(4):3.
- [37] Wolke J, Scheibel M. Konservative Therapie: Wer und wie? In: *Die proximale Humerusfraktur*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 2014. p. 30–34.
- [38] Tepass A, Blumenstock G, Weise K, Rolauffs B, Bahrs C. Current strategies for the treatment of proximal humeral fractures: an analysis of a survey carried out at 348 hospitals in Germany, Austria, and Switzerland. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013;22(1):8–14.
- [39] Hatzidakis AM, Shevlin MJ, Fenton DL, Curran-Everett D, Nowinski RJ, Fehring EV. Angular-stable locked intramedullary nailing of two-part surgical neck fractures of the proximal part of the humerus. A multicenter retrospective observational study. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(23):2172–2179.

- [40] Iacobellis C, Serafini D, Aldegheri R. PHN for treatment of proximal humerus fractures: evaluation of 80 cases. *Chir Organi Mov.* 2009;93(2):47–56.
- [41] Karataglis D, Stavridis SI, Petsatodis G, Papadopoulos P, Christodoulou A. New trends in fixation of proximal humeral fractures: A review. *Injury, Int J Care Injured.* 2011;42(4):330–338.
- [42] Scheibel M, Werth M, Lill H, Voigt C. Operative Techniken, Plattenosteosynthese. In: *Die proximale Humerusfraktur. Grundlagen und Konzepte der winkelstabilen Plattenosteosynthese.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 2014. p. 53–65.
- [43] Seide K, Triebe J, Faschingbauer M, Schulz A, Püschel K, Mehrtens G, Jürgens, C. Locked vs. unlocked plate osteosynthesis of the proximal humerus – A biomechanical study. *Clinical Biomechanics.* 2007;22:176–182.
- [44] Ring D. Current concepts in plate and screw fixation of osteoporotic proximal humerus fractures. *Injury, Int J Care Injured.* 2007;38S3:59–68.
- [45] Schliemann B, Siemoneit J, Theisen C, Kösters C, Weimann A, Raschke M. Complex fractures of the proximal humerus in the elderly - outcome and complications after locking plate fixation. *Musculoskeletal Surgery.* 2012;96:3–11.
- [46] Olerud P, Ahrengart L, Ponzer S, Saving J, Tidermark J. Internal fixation versus non-operative treatment of displaced 3-part proximal humeral fractures in elderly patients: a randomized controlled trial. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2011;20(5):747–755.
- [47] Depuy Synthes, Zuchwil Schweiz. PHILOS und PHILOS long; 2016. URL:[www.depuysynthes.com/ifu](http://www.depuysynthes.com/ifu)
- [48] Lagerpusch N. Die Dynamisierung der winkelstabilen Plattenosteosynthese mit Hilfe der "Dynamic Locking Screw"(DLS): Eine experimentelle Studie an Schafen[Dissertation], 2011.
- [49] Döbele S, Horn C, Eichhorn S, Buchholtz A, Lenich A, Burgkart R, Nüssler AK, Lucke M, Andermatt D, Koch R, Stöckle U. The dynamic locking screw (DLS) can increase

- interfragmentary motion on the near cortex of locked plating constructs by reducing the axial stiffness. *Langenbecks Arch Surg.* 2010;395(4):421–428.
- [50] DePuy Synthes, West Chester USA Dynamic Locking Screw (DLS) System; 2011. URL:<http://synthes.vo.llnwd.net/o16/LLNWMB8/US%20Mobil>
- [51] Freude T, Schroeter S, Plecko M, Bahrs C, Martetschlaeger F, Kraus TM, Stöckle U, Döbele S. Dynamic-locking-screw (DLS) – leads to less secondary screw perforations in proximal humerus fractures. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2014;15(1):1–6.
- [52] Greiner S, Uschok S, Herrmann S, Gwinner C, Perka C, Scheibel M. The metaphyseal bone defect predicts outcome in reverse shoulder arthroplasty for proximal humerus fracture sequelae. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery.* 2014;134(6):755–764.
- [53] Südkamp N, Bayer J, Hepp P, Voigt C, Oestern H, Kääh M, Luo C, Plecko M, Wendt K, Köstler W, Konrad G. Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. *The Journal of bone and joint surgery.* 2009;(805):1320–1328.
- [54] Neviasser AS, Hettrich CM, Dines JS, Lorich DG. Rate of avascular necrosis following proximal humerus fractures treated with a lateral locking plate and endosteal implant. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery.* 2011;131:1617–1622.
- [55] Rosas S, Law TY, Kurowicki J, Formaini N, Kalandiak SP, Levy JC. Trends in surgical management of proximal humeral fractures in the Medicare population: a nationwide study of records from 2009 to 2012. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2016;25:608–613.
- [56] Bogner R, Hubner C, Matis N, Auffarth A, Lederer S, Resch H. Minimally-invasive treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in elderly patients. *Journal of Bone and Joint Surgery - British Volume.* 2008;90-B(12):1602–1607.
- [57] Falez F, Papalia M, Greco A, Teti A, Favetti F, Panegrossi G, Casella F, Necozone S. Minimally invasive plate osteosynthesis in proximal humeral fractures: one-year results of a prospective multicenter study. *International Orthopaedics.* 2016;40(3):579–585.
- [58] Ketterl R. Wird das Outcome durch den Einsatz einer minimalinvasiven Operationstech-



- nik mit winkelstabiler Plattenosteosynthese bei proximalen Humerusfrakturen verbessert? Obere Extremität. 2013;8(3):157–163.
- [59] Rouleau DM, Laflamme GY, Berry GK, Harvey EJ, Delisle J, Girard J. Proximal humerus fractures treated by percutaneous locking plate internal fixation. [retracted in Orthop Traumatol Surg Res 2009;95(1)56-62].
- [60] Tauber M, Hirzinger C, Hoffelner T, Moroder P, Resch H. Midterm outcome and complications after minimally invasive treatment of displaced proximal humeral fractures in patients younger than 70 years using the Humerusblock. Injury. 2015;46:1914–1920.
- [61] Boudard G, Pomares G, Milin L, Lemonnier I, Coudane H, Mainard D, Delagoutte JP. Locking plate fixation versus antegrade nailing of 3- and 4-part proximal humerus fractures in patients without osteoporosis. Comparative retrospective study of 63 cases. Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research. 2014;100(8):917–924.
- [62] Drenckhahn D, Koebke J. Schultergürtel. In: Anatomie - Benninghoff Drenckhahn. Elsevier, München; 2008. p. 288–301.
- [63] Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. Clinical Orthopaedics and Related Research. 1987;214:160–164.
- [64] Kupsch A. Constant-Schulter-Score, 2017. URL:<http://wwwschulterfragebogende/Constant-Arzt-Score.pdf>.
- [65] Fuchs B, Jost B, Gerber C. Posterior-inferior capsular shift for the treatment of recurrent, voluntary posterior subluxation of the shoulder. J Bone Joint Surg Am. 2000;82(1):16–25.
- [66] Scheibel M, Schröder R, Chen J, Bartsch M. Arthroscopic Soft Tissue Tenodesis Versus Bony Fixation Anchor Tenodesis of the Long Head of the Biceps Tendon. Am J Sports Med. 2011;39(5):1046–1052.
- [67] Von Eisenhart-Rothe R, Englert C, Greiner S, Irlenbusch U, Jehmlich S, Kasten P, Kirchner J, Kirchhoff C, Klinger M, Kusma M, Lehmann LJ, Liem D, Magosch P, Marquardt B, Ogon P, Raiß P, Ritsch M, Scheibel M, Schofer M, Thierjung H, Voigt C, Witt KA. Untersuchungstechniken des Schultergelenks. Obere Extremität. 2012;7:52.

- [68] Clavert P, Adam P, Bevort A, Bonnomet F, Kempf JF. Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010;19:489–494.
- [69] Hettrich CM, Neviasser A, Beamer BS, Paul O, Helfet DL, Lorich DG. Locked plating of the proximal humerus using an endosteal implant. *J Orthop Trauma.* 2012;26(4):212–215.
- [70] Kuhlmann T, Hofmann T, Seibert O, Gundlach G, Hoffmann R. Vergleich Philos- vs. Königseeplattenosteosynthese bei der operativen Versorgung von 4-Fragment-Frakturen des proximalen Humerus bei über 65-jährigen Patienten. *Z Orthop Unfall.* 2012;150:149–155.
- [71] Geiger EV, Maier M, Kelm A, Wutzler S, Seebach C, Marzi I. Functional outcome and complications following PHILOS plate fixation in proximal humeral fractures. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica.* 2010;44:1–6.
- [72] Hirschmann MT, Amsler F, Gross T. Die Versorgung proximaler Humerusfrakturen mit winkelstabiler Plattenosteosynthese (PHILOS®) beim älteren Menschen: Fünfjahresergebnisse. *Obere Extremität.* 2009;4:229–239.
- [73] Acklin YP, Stoffel K, Sommer C. A prospective analysis of the functional and radiological outcomes of minimally invasive plating in proximal humerus fractures. *Injury.* 2013;44:456–460.
- [74] Hauschild O, Konrad G, Audige L, De Boer P, Lambert SM, Hertel R, Südkamp NP. Operative versus non-operative treatment for two-part surgical neck fractures of the proximal humerus. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery.* 2013;133(10):1385–1393.
- [75] Bahrs C, Kühle L, Blumenstock G, Stöckle U, Rolauffs B, Freude T. Which parameters affect medium- to long-term results after angular stable plate fixation for proximal humeral fractures? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2015;24:727–732.
- [76] Silverstein MP, Yirenkyi K, Haidukewych G, Koval KJ. Analysis of failure with the use of locked plates for stabilization of proximal humerus fractures. *Bulletin of the Hospital for Joint Disease.* 2015;73(3):185–189.
- [77] Osterhoff G, Hoch A, Wanner G, Simmen H, Werner C. Calcar comminution as prognostic

factor of clinical outcome after locking plate fixation of proximal humeral fractures. *Injury, Int J Care Injured*. 2012;43:1651–1656.

[78] Brunner UH. Die proximale Humerusfraktur - Winkelstabile Plattenosteosynthese. *Obere Extremitat*. 2012;1:1–6.

## Abbildungsverzeichnis

1	Der proximale Humerus . . . . .	6
2	Frakturklassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen . . . . .	13
3	Die winkelstabile PHILOS®-Platte . . . . .	21
4	Die dynamische Verriegelungsschraube, DLS® . . . . .	22
5	Constant Murley Score . . . . .	26
6	Long Head of Biceps-Score . . . . .	30
7	Technik der Schulter-Röntgenaufnahmen . . . . .	31
8	Boxplot mit Entwicklung des Constant Scores im Verlauf . . . . .	41
9	Fall 1 - Prä-operative Röntgenbilder . . . . .	54
10	Fall 1 - Intraoperative Röntgenbilder . . . . .	55
11	Fall 1 - Röntgenbilder ein Jahr postoperativ . . . . .	55
12	Fall 2 - Prä-operative Röntgenbilder . . . . .	56
13	Fall 2 - Intraoperative Röntgenbilder . . . . .	56
14	Fall 2 - Röntgenbilder im postoperativen Verlauf . . . . .	57
15	Fall 2 - Röntgenbild nach Implantation der Hemiendoprothese . . . . .	57

## Tabellenverzeichnis

1	Muskulatur des Schultergelenks . . . . .	8
2	Frakturtypen des Gesamtkollektivs . . . . .	34
3	Intraoperativ durchgeführte Maßnahmen . . . . .	35
4	Frakturtypen des Patientenkollektivs ein Jahr postoperativ . . . . .	37
5	Klinische Ergebnisse 12 Wochen, 6 Monate und ein Jahr postoperativ . . . . .	39
6	Ergebnisse des Constant Scores 12 Wochen, 6 Monate und ein Jahr postoperativ	40
7	LHB-Score ein Jahr postoperativ . . . . .	42
8	Klinische Ergebnisse ein und zwei Jahre postoperativ . . . . .	44
9	Ergebnisse des Constant Scores ein und zwei Jahre postoperativ . . . . .	45
10	Nicht-revisionspflichtige Komplikationen . . . . .	49
11	Revisionspflichtige Komplikationen . . . . .	51

## 6 Anhang

### Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Magdalena Werth, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Die Versorgung von proximalen Humerusfrakturen durch winkelstabile Plattenosteosynthese und dynamische Verriegelungsschrauben “ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „(URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet. Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

---

Datum

---

Unterschrift

## **Anteilerklärung**

Magdalena Werth hatte folgenden Anteil an der folgenden Publikation:

Publikation: Kerschbaum M, Werth M, Gerhardt C, Scheibel M. Simultaneous surgical treatment of the long head of the biceps tendon during operative treatment of proximal humeral fractures. Unfallchirurg. 2017;120(10):865-872. Beitrag im Einzelnen: Erhebung der klinischen Daten.

---

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers Univ.-Prof. M. Scheibel

---

Unterschrift der Doktorandin M. Werth

## **Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## **Publikationsliste**

### **Originalarbeit**

Kerschbaum M, Werth M, Gerhardt C, Scheibel M. Simultaneous surgical treatment of the long head of the biceps tendon during operative treatment of proximal humeral fractures. Unfallchirurg. 2017;120(10):865-872.

### **Buchbeitrag**

Werth M, Scheibel M, Katthagen C, Voigt C, Lill H, Jensen G, Auffarth A, Hartmann A, Resch H, Ellwein A. Osteosynthesen: wann und wie? In: Die proximale Humerusfraktur. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg; 2014. p. 53-69.

### **Vorträge**

10/2015 Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU). Titel: „Sekundäre weichteilbedingte Schultersteife nach operativ versorgter proximaler Humerusfraktur – Therapiestrategien und Outcome “

04/2014: Kongress der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellbogenchirurgie (DVSE). Titel: „Ein multimodales Therapiekonzept zur Versorgung proximaler Humerusfrakturen mit winkelstabiler Plattenosteosynthese – erste 2-Jahres-Ergebnisse und Komplikationsanalyse “

06/2013: Kongress der DVSE. Titel: „Komplikationsanalyse nach Versorgung proximaler Humerusfrakturen mit allogener Spongiosaplastik, Tuberkulazuggurtung, winkelstabiler Plattenosteosynthese und dynamischen Verriegelungsschrauben “

05/2012: Kongress der DVSE. Titel: „Winkelstabile Plattenosteosynthese und dynamische Verriegelungsschrauben – ein neues Konzept in der Versorgung von proximalen Humerusfrakturen “



## Danksagung

Mein Dank gilt Univ.-Prof. Dr. med Markus Scheibel für die professionelle Betreuung dieser Dissertation, für seine wissenschaftliche Begeisterung und seine Unterstützung über die Doktorarbeit hinausreichender Projekte.

Bedanken möchte ich mich beim gesamten Team der Arbeitsgruppe Schulter- und Ellbogenchirurgie des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité - Universitätsmedizin Berlin. Durch die fachliche und freundschaftliche Unterstützung wurde diese Arbeit ermöglicht.

Meinen Eltern möchte ich für die uneingeschränkte, liebevolle Unterstützung danken und meinen Geschwistern dafür, dass sie mir immer mit Rat und Tat zur Seite stehen.